

ПРИЛОЖЕНИЕ КЪ СОБРАНИЮ СОЧИНЕНИЙ
И. М. СЪЧЕНОВА.

ОЧЕРКЪ
РАБОЧИХЪ ДВИЖЕНІЙ
ЧЕЛОВѢКА.

И. М. Съчнова



ИЗДАНИЕ ИМПЕРАТОРСКАГО МОСКОВСКАГО УНИВЕРСИТЕТА.



Типо-литографія Т-ва И. Н. КУШНЕРЕВЪ и К^о. Пименовская ул., соб. д.
МОСКВА—1906.



ПРЕДИСЛОВІЕ.

Предметъ предлагаемаго очерка составляютъ вопросы о сложныхъ мышечныхъ движеніяхъ, при посредствѣ которыхъ человѣкъ производитъ т. наз. внѣшнія работы, т.-е. дѣйствуетъ силами своихъ мышцъ на предметы внѣшняго міра. Вопросы эти, по существу дѣла, фізіологическіе, потому что работа всегда была и всегда останется жизненною функціей мышечной системы человѣка, какъ бы ни вытѣсняла современная техника изъ промышленной жизни мускульный трудъ человѣка. Однако вопросы эти разработаны именно съ фізіологической стороны такъ слабо, что въ учебникахъ фізіологіи изъ всѣхъ сложныхъ мышечныхъ движеній описываются лишь акты стоянія и ходьбы, явленія голоса и рѣчи; а о работахъ рукъ, туловища и ногъ нѣтъ и помина. Распространяться здѣсь о причинахъ такого положенія дѣлъ было бы неумѣстно, — скажу прямо, оно не оправдывается ни сложностью явленій, ни малой разработанностью ихъ. Говоря вообще, сложные мышечныя движенія дѣйствительно мало доступны анализу со стороны состава и дѣятельности участвующихъ въ нихъ мышцъ; тѣмъ болѣе, что во многихъ случаяхъ составъ этотъ и условія дѣйствія мышцъ мѣняются во время самаго движенія. Но вѣдь въ рабочемъ мышечномъ движеніи важна не эта сторона, а направленіе движенія, его сила (т.-е. производимое движеніемъ давленіе или тяга), протяженіе (длина пути) и скорость—стороны, допускающія опытное измѣреніе. Къ тому же анатомія даетъ намъ множество драгоцѣнныхъ указаній въ этомъ направленіи. Да, наконецъ, и по вопросу о составѣ мышцъ, участвующихъ въ сложныхъ движеніяхъ, слѣдовало бы прежде всего найти

ключъ къ приведенію послѣднихъ въ естественную систему (на основаніи свойственной частямъ тѣла подвижности) и, выдѣливъ изъ множества переходныхъ измѣнчивыхъ формъ основныя наиболѣе постоянныя, рѣшать уже относительно послѣднихъ, настолько ли онѣ сложны, чтобы исключать всякую мысль даже о приблизительной оцѣнкѣ состава производящихъ ихъ мышцъ.—Сложные вопросы, какъ наши, рѣшаются вообще лишь приблизительно, на основаніи приблизительно-вѣрной оцѣнки лежащихъ въ основаніи ихъ фактовъ. Руководствуясь этимъ общимъ соображеніемъ, я былъ, правда, напередъ вынужденъ выбросить изъ рамокъ очерка такіа измѣнчивыя явленія, какъ мелкія работы ручной кисти, рѣчь и пѣніе; но зато получилъ возможность привести въ опредѣленную систему движенія рукъ, ногъ и туловища, какъ производителей внѣшнихъ работъ. Отсюда, при помощи анатомическихъ данныхъ, имѣющихъ прямое отношеніе къ нашимъ вопросамъ и введенныхъ въ систему подъ новымъ угломъ зрѣнія, былъ уже одинъ шагъ до составленія общаго плана систематическаго изученія мышечныхъ движеній со стороны направленія, силы, протяженія и скорости. Подробное развитіе этого плана на рядѣ примѣровъ и составляетъ суть предлагаемаго очерка. Другими словами, очеркъ не есть сжатое описаніе изученныхъ явленій, а подробное описаніе путей къ ихъ изученію. Нѣтъ сомнѣнія, что, по обширности подлежавшаго обзору матеріала, въ очеркъ могли вкратѣсь недомолвки и пробѣлы. Серьезныя указанія на нихъ будутъ встрѣчены мною съ благодарностью; особенно въ отношеніи затрогиваемыхъ въ очеркѣ анатомическихъ данныхъ; такъ какъ я, не будучи анатомомъ, былъ вынужденъ заимствовать ихъ изъ какого-нибудь одного источника, и такимъ источникомъ служили для меня сочиненія знаменитаго Цюрихскаго анатома-механика *Герм. Мейера*: *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*, Leipzig, 1861 и *Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes*, Leipzig, 1873.

Во всякой машинѣ, устроенной руками человѣка, всегда можно различать части, составляющія собственно рабочій механизмъ, и придатки, которыми управляется ходъ машины. Такъ, въ вѣтряной мельницѣ рабочій механизмъ состоитъ изъ крыльевъ съ передаточными звеньями отъ нихъ къ стояку съ жерновами; а регуляторомъ служатъ тѣ придатки, при посредствѣ которыхъ мельникъ пускаетъ машину въ ходъ или останавливаетъ ее, умѣряетъ или ускоряетъ ея работу. Такъ и въ животномъ тѣлѣ система мышцъ, прикрѣпленныхъ къ подвижнымъ частямъ костнаго скелета, составляетъ тотъ механизмъ, при посредствѣ котораго человѣкъ и животныя производятъ внѣшнія механическія работы; а регуляторами служатъ нервныя придатки, которыми двигательная машина пускается въ ходъ или останавливается, ускоряется или умѣряется въ ея дѣйствіи.

Первое изъ этихъ положеній вытекаетъ изъ слѣдующаго. Когда человѣкъ производитъ какую-либо внѣшнюю работу, напримѣръ, переноситъ на плечахъ грузъ съ одного мѣста на другое, тянетъ лямку, копаетъ землю, ведетъ плугъ, поднимаетъ тяжести, играетъ на музыкальномъ инструментѣ и пр., онъ въ сущности не производитъ ничего иного, кромѣ перемѣщенія въ пространствѣ тѣхъ или другихъ подвижныхъ частей своего тѣла, т.-е. туловища, рукъ и ногъ, приведенныхъ въ соприкосновеніе или въ связь съ предметами внѣшняго міра. Другими словами, въ тѣлѣ его не происходитъ ничего иного, кромѣ перемѣщенія другъ относительно друга подвижныхъ частей костнаго скелета, приводимыхъ въ движеніе мышцами.

Что же касается до нервной регуляціи этого механизма, то она доказывается опытами (на животныхъ) разобщенія мышцъ

отъ нервной системы (перерѣзкой мышечныхъ нервовъ или разрушеніемъ спинного мозга). Не получая возбуждающихъ толчковъ изъ послѣдней, двигательная машина тогда молчитъ, остается въ полномъ бездѣйствіи, какъ это бываетъ и на людяхъ, страдающихъ, наприм., параличами рукъ и ногъ.

Стало-быть, двигательную машину, какъ цѣлое, составляютъ три части: подвижный въ своихъ частяхъ костный скелетъ, совокупность прикрѣпленныхъ къ нимъ мышцъ и нервная система, управляющая движеніями послѣднихъ.

Но опытъ показываетъ, что машина эта можетъ работать отдѣльными частями, враздробь—руками отдѣльно отъ ногъ и, наоборотъ, правой рукой отдѣльно отъ лѣвой и т. д. Съ другой стороны, описательная анатомія учитъ, что въ тѣлѣ нѣтъ такой подвижной кости, къ которой не прикрѣплялась бы хоть одна мышца, и нѣтъ такой мышцы, которая была бы лишена нерва. Слѣдовательно, рабочая машина можетъ быть разложена на множество отдѣльныхъ рабочихъ элементовъ, изъ которыхъ каждый въ свою очередь состоитъ изъ трехъ частей: подвижной кости, ея спеціального двигателя и регулятора.

Понятно, что при такомъ устройствѣ машины, изученіе ея предполагаетъ:

- 1) разложеніе машины на отдѣльные рабочіе элементы;
- 2) изученіе устройства и дѣйствія каждаго такого элемента въ отдѣльности, и
- 3) изученіе сложныхъ рабочихъ движеній, производимыхъ группами элементовъ.

Понятно, наконецъ, что, насколько рабочіе элементы сходны между собою по устройству и дѣйствию, описывать ихъ слѣдуетъ не въ отдѣльности, а подъ общей рубрикой. Такъ мы и поступимъ.

I.

Общія свойства рабочихъ элементовъ.

Типическое устройство рабочаго элемента. Оно вытекаетъ изъ слѣдующихъ общихъ положеній.

- 1) Въ составъ элемента входятъ по меньшей мѣрѣ двѣ сочлененныя между собою кости.

2) Формою межкостныхъ сочлененій и расположеніемъ околоуставныхъ связокъ опредѣляются направленіе и величина перемѣщенія костей другъ относительно друга.

3) Ими же опредѣляются направленіе и величина тягъ, приводящихъ кости въ движеніе.

4) Тяги производятся сокращеніями или укороченіями мышцъ, имѣющихъ вообще значеніе сократительныхъ и упругихъ тяжей. Прикрѣпляясь своими концами къ сочлененнымъ между собою костямъ, онѣ перекидываются мостами черезъ сочлененія, и черезъ это мышца, въ связи съ обѣими костями, получаетъ значеніе тяжа, дѣйствующаго на два одноплечныхъ рычага съ общей для обоихъ осью вращенія. Если при сокращеніи мышцы одна изъ костей остается неподвижною, то тяга всею своею силою обращается на подвижную кость; въ противномъ случаѣ она приводитъ въ движеніе обѣ кости, и сила тяги распредѣляется между ними въ обратномъ отношеніи сопротивленій.

5) Такихъ мышцъ въ рабочемъ элементѣ должно быть по крайней мѣрѣ двѣ, и притомъ тяги ихъ должны производить движенія въ двухъ прямо противоположныхъ направленіяхъ. Такая необходимость вытекаетъ изъ слѣдующаго. Если бы у человѣка были, напримѣръ, только мышцы, наклоняющія голову впередъ или сгибающія спину въ томъ же направленіи, то безъ разгибателей шеи и спины эти части тѣла оставались бы въ согнутомъ положеніи. Мы же знаемъ изъ ежедневнаго опыта, что каково бы ни было измѣненное дѣятельностью мышцъ положеніе нашего тѣла, человѣкъ способенъ не только вернуть его къ исходному положенію, но даже произвести перемѣщеніе въ противоположномъ направленіи. Съ другой стороны, мы увидимъ ниже на примѣрахъ, что нѣтъ такого рабочаго движенія, которое не требовало бы перемѣнной дѣятельности мышцъ антагонистовъ, т.-е. мышцъ, двигающихъ части тѣла въ противоположныхъ направленіяхъ *).

6) Что касается, наконецъ, до нервныхъ придатковъ, то они играютъ и въ рабочемъ элементѣ роль снарядовъ, не

*) Пусть читатель сообразить пока, какъ двигается рука при вбиваніи гвоздя, при пиленіи дровъ, или—нога при ходьбѣ и пр.

только опредѣляющихъ начало, продолженіе и конецъ дѣйствія мышечныхъ тягъ, но и видоизмѣняющихъ это дѣйствіе по силѣ, быстротѣ и продолжительности.

Для выясненія всего сказаннаго на приложенной схемѣ (рис. 1) изображенъ, какъ типъ рабочаго элемента, случай

сочлененныхъ между собою костей *A* и *B* съ двумя прикрѣпленными къ нимъ мышцами *ab* и *cd* и соответствующими послѣднимъ нервами *e* и *f*. Обѣ мышцы прикрѣплены своими концами (*a* и *b*, *c* и *d*) къ костямъ и перекинута мостами черезъ сочлененіе *C*. Положимъ, что въ данномъ случаѣ сочленовная головка кости *A* имѣетъ форму цилиндра, ось котораго, обозначенная точкой *o*, лежитъ перпендикулярно къ плоскости бумаги, и такую же цилиндрическую поверхность, только вогнутую, имѣетъ сочленовная головка кости *B*. Прибавимъ къ этому, что обѣ суставныя поверхности, какъ во всѣхъ вообще сочлененіяхъ, выложены слоемъ гладкаго хряща,

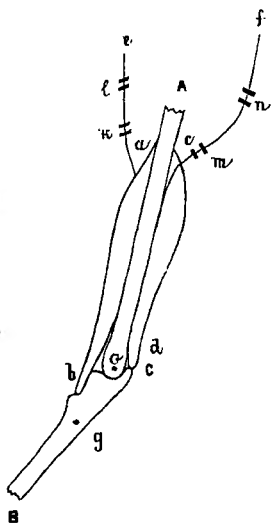


Рис. 1.

постоянно смоченнаго скользкой синовиальной жидкостью. При такихъ условіяхъ кости, скользя другъ относительно друга въ сочлененіи, могли бы производить слѣдующія четыре движенія: сгибаться и разгибаться въ плоскости бумаги и перемѣщаться другъ относительно друга въ перпендикулярномъ къ плоскости бумаги направленіи. Но положимъ, что сочлененіе должно быть устроено такимъ образомъ, чтобы послѣднія два перемѣщенія были невозможны и чтобы сгибаніе костей было возможно полное, а разгибаніе доходило бы только до степени полного выпрямленія ихъ. Первое изъ этихъ условій могло бы быть достигнуто формой сочленовныхъ поверхностей, изображенной на лѣвой фигурѣ рисунка 2: цилиндрическая поверхность кости *A* перервана посрединѣ ложбиной, идущей перпендикулярно къ оси цилиндра, а сочле-

новная поверхность кости *B* имѣетъ посрединѣ соответственный ложбинѣ выступъ, и обѣ кости скрѣплены съ боковъ связками *a* и *b*. Тогда кости, очевидно, не могутъ передвигаться въ направленіи стрѣлокъ *m* и *n*. Второму же условію, т.-е. разгибанію костей только до выпрямленія члена, могъ бы удовлетворять отростокъ *K* кости *B*, упирающійся въ выемку кости *A* (правая фигура рис. 2), когда членъ выпрямленъ. Рядомъ съ подобными приспособленіями въ ограниченіи передвиженій костей по величинѣ и направленію принимаютъ участіе и сочленовныя связки — крѣпкіе, мало растяжимые тяжи. Онѣ затрудняютъ или даже совсѣмъ останавливаютъ движеніе тѣмъ, что при извѣстномъ положеніи костей столь сильно натягиваются, что допускаютъ дальнѣйшее передвиженіе лишь разрываясь. Если при этомъ связки настолько крѣпки, что могутъ безъ разрыва выдерживать грузы въ пуды, то понятно, что назначеніе свое ограничивать движеніе онѣ выполняютъ не хуже костныхъ выступовъ, въ родѣ приведеннаго выше отростка *K*.

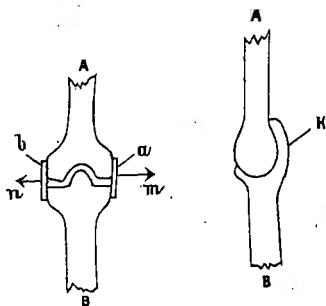


Рис. 2.

Какъ бы то ни было, но разъ сочлененіе между костями устроено такимъ образомъ, что онѣ могутъ производить только два движенія въ одной и той же плоскости, въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ — сгибаться и разгибаться, какъ въ нашемъ примѣрѣ, — для ихъ перемѣщеній, очевидно, достаточно двухъ мышцъ антагонистовъ, сгибателя и разгибателя члена; и обѣ тяги должны лежать въ плоскости перпендикулярной къ оси вращенія. Такимъ образомъ, мы видимъ первый примѣръ, гдѣ формою сочленовныхъ поверхностей опредѣляется число и расположеніе мышечныхъ тягъ.

Теперь посмотримъ, въ какія условія поставлены тяги мышцъ относительно костей *A* и *B* нашего элемента. Съ этою цѣлью обѣ тяги мы изобразимъ прямыми линіями *ab* и *cd* (рис. 3) и будемъ считать одну изъ костей, напримѣръ, *A*,

укрѣпленной неподвижно. Тогда кость *B* будетъ, очевидно, представлять подвижной одноплечный рычагъ съ осью вращенія, лежащей перпендикулярно къ плоскости бумаги и обозначенной точкой *o*. Если при этомъ въ точкѣ *g* лежитъ центр тяжести кости *B*, то *bo* будетъ плечомъ рычага, на которое дѣйствуетъ тяга *ab*; *og*—плечомъ рычага, на которое дѣйствуетъ вѣсъ кости, а перпендикуляры изъ *o* на направленіе мышечной тяги и на отвѣсное направленіе тяги груза, т.-е. прямыя *om* и *gh*, будутъ, по законамъ рычага, плечами дѣйствія тяги и груза *). Изъ рисунка непосредственно видно, что прямая *to* остается плечомъ дѣйствія тяги *ab* и въ случаѣ, если укрѣплена неподвижно кость *B*. Что же касается до тяги *cd*, то по ея положенію относительно костей ее можно сравнить съ шнуркомъ, перекинутымъ черезъ блокъ съ радіусомъ *on*; послѣдній и будетъ представлять плечо ея дѣйствія.

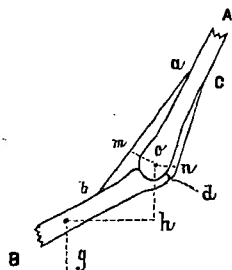


Рис. 3.

Дальнѣйшіе факты, представляемые нашимъ элементомъ, заключаются въ слѣдующемъ. Если при неподвижно укрѣпленной кости *A* укорачивается тяжъ *ab*, то кость *B* подтягивается кверху; значитъ, *сокращеніе мышцы должно сопровождаться развитіемъ въ ней нѣкоторой подъемной силы*. Безъ этого условія передвиженіе тяжелыхъ рычаговъ другъ относительно друга было бы вообще невозможно. Въ нашемъ элементѣ оно было бы невозможно еще и при условіи, если бы антагонистъ сокращающагося сгибателя, мышца *cd*, была нерастяжима, потому что укороченіе тяжа *ab* возможно только при удлиненіи тяжа *cd* (рис. 3). Но выше было сказано, что въ составъ рабочихъ органовъ всегда входятъ парные антагонисты; значитъ, можно сказать вообще, что *укороченіе всякой мышцы въ тѣлѣ всегда должно сопровождаться растяженіемъ антагониста*. Легко понять далѣе, что мышца, быв-

*) Технические названія для прямыхъ *om* и *gh* суть „плечи моментовъ силы и груза“; но вмѣсто этихъ громоздкихъ терминовъ я буду употреблять, и впередъ болѣе простыя выраженія „плечо дѣйствія тяги“ и „плечо дѣйствія груза“.

шая во время сокращенія ея антагониста растянutoй, должна по прекращеніи его сокращенія вернуться къ прежней длинѣ: иначе всѣ мышцы нашего тѣла въ покойномъ состояніи оказались бы длиннѣе наибольшаго отстоянія ихъ точекъ прикрѣпленія къ костямъ, не говоря уже о другихъ еще болѣе важныхъ невыгодахъ такого положенія. Значитъ, *мышцы должны быть упруги* и растягиваться лишь въ силу ихъ упругости.

Упругость мышцы есть свойство чисто физическое, присущее, такъ сказать, веществу, изъ котораго она выстроена, тогда какъ сократительность, способность укорачиваться, есть свойство живой мышцы, проявляющееся нормально лишь при условіи, если она получаетъ возбуждающіе толчки изъ нервной системы черезъ нервы. По счастью, мы умѣемъ возбуждать мышцы къ дѣятельности, прикладывая къ ихъ нервамъ искусственное раздраженіе, и это даетъ возможность видѣть, какъ работаетъ нашъ элементъ при сокращеніи мышцъ.

Пока на нервы *e* и *f* (рис. 1) нашего снаряда ничто не дѣйствуетъ, всѣ его части остаются неподвижны; но стоитъ сообщить, напримѣръ, нерву *e* толчокъ въ какой-либо точкѣ по его длинѣ (*k*, *l* и пр.), напримѣръ, щипнуть нервъ пинцетомъ или, что лучше, приложить электрическій токъ, то тяжъ *ab* тотчасъ же укоротится и произведетъ сгибаніе члена, а соотвѣтственное раздраженіе нерва *f* произведетъ разгибаніе его. Притомъ сокращенія какъ той, такъ и другой мышцы будутъ соотвѣтствовать по силѣ и продолжительности измѣненіямъ раздраженія нервовъ. Летучее раздраженіе даетъ столь же летучее сокращеніе; раздраженіе, длѣющееся 1", дастъ и сокращеніе въ 1"; слабое возбужденіе произведетъ еле замѣтное укороченіе, сильное — наоборотъ; попеременное возбужденіе того и другого нерва дастъ періодически повторяющіяся сгибанія и разгибанія. Словомъ, начало и конецъ сокращенія, равно какъ его величина и продолжительность, оказываются стоящими въ прямой зависимости отъ силы и продолжительности возбуждающихъ толчковъ, дѣйствующихъ на мышцы черезъ нервы.

Изъ этого бѣглаго очерка устройства и дѣятельности одного изъ простѣйшихъ типовъ рабочаго элемента вытекаетъ уже само собою, что въ рабочихъ движеніяхъ:

подвижныя части костнаго скелета играютъ вообще роль одноплечныхъ рычаговъ;

мышцы—роль тяжей, приводящихъ рычаги въ движеніе, а нервные придатки—роль снарядовъ, управляющихъ сокращеніями мышцъ.

Соотвѣтственно этому общій обзоръ устройства и дѣятельности рабочихъ элементовъ распадается на три части:

въ первой будетъ описано устройство костныхъ рычаговъ и расположеніе тягъ, приводящихъ ихъ въ движеніе;

вторая будетъ посвящена описанію мышцъ, какъ сократительныхъ и растяжимыхъ тяжей, обладающихъ извѣстной подъемной силой;

въ третьей будетъ описана нервная регуляція мышечныхъ движеній.

Устройство костныхъ рычаговъ и расположеніе тягъ, приводящихъ ихъ въ движеніе.

Выше было сказано, что въ рабочемъ элементѣ, представленномъ двумя сочлененными костями, направленіе и величина ихъ перемѣщеній другъ относительно друга зависятъ отъ формы сочлененія. Поэтому, въ дѣлѣ изученія движенія частей костнаго скелета, вопросъ о сочленовныхъ поверхностяхъ стоитъ на первомъ мѣстѣ. Мы не будемъ однако описывать здѣсь всѣ частные виды подвижныхъ межкостныхъ связей и остановимся лишь на трехъ основныхъ формахъ сочленовныхъ поверхностей, именно, на одно-, дву- и трехосныхъ суставахъ.

Типическая форма однооснаго цилиндрическаго сустава была описана уже выше. Она характеризуется тѣмъ, что движеніе происходитъ въ одной лишь плоскости перпендикулярной къ оси вращенія (оси цилиндра), благодаря тому обстоятельству, что выступъ и ложбина на суставныхъ поверхностяхъ, опредѣляющіе направленіе движенія, лежатъ тоже въ плоскости перпендикулярной къ оси вращенія. Понятно, что въ той же плоскости должны лежать и антагонистически дѣйствующія тяги. Эффектъ ихъ дѣйствія есть сгибаніе и разгибаніе члена. Соотвѣтственно этому для такихъ суставовъ достаточно двухъ тягъ. Въ тѣлѣ встрѣчаются двѣ разновидности этой формы:

цилиндрическіе суставы съ выступами и ложбинами, идущими по винтовой линіи, и суставы съ закругленіемъ поверхности не по окружности круга, какъ въ цилиндрѣ, а по спиральной линіи. Въ первомъ случаѣ движеніе кости хотя и происходитъ по винтовой линіи, но уклоняется оно изъ плоскости перпендикулярной къ оси сочлененія такъ незначительно, что суставъ считается однооснымъ, дающимъ лишь сгибаніе и разгибаніе члена. То же относится и ко второму случаю, потому что здѣсь движеніе остается въ плоскости перпендикулярной къ оси сустава.

Двуосныя сочлененія встрѣчаются въ тѣлѣ въ двухъ формахъ: въ видѣ сѣдлообразныхъ и яйцевидныхъ суставовъ. Сѣдло кости *A* (рис. 4, а) и совпадающая съ нимъ поверхность кости *B* закруглены въ обоихъ главныхъ направленіяхъ (въ плоскости бумаги и въ перпендикулярной къ ней) по дугѣ круга. Черезъ это кость *B* въ любомъ положеніи ея относительно неподвижной кости *A* можетъ двигаться въ двухъ взаимно-перпендикулярныхъ направленіяхъ, давая вообще сгибаніе и разгибаніе члена въ плоскости бумаги (рис. 4, б) и въ перпендикулярной къ ней.

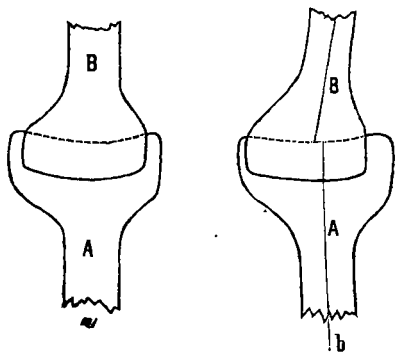


Рис. 4.

Типическимъ представителемъ этой формы можетъ служить суставъ между *os multangul. majus* и *os metacarpi* большого пальца руки. Понятно, что при одновременномъ передвиженіи кости *B* въ обоихъ главныхъ направленіяхъ получаютъ всѣ промежуточные перемѣщенія между ними. Яйцевидный суставъ имѣетъ форму изогнутаго по дугѣ круга цилиндра съ закругленными основаніями, а соотвѣтственная поверхность другой кости — форму изогнутаго по той же дугѣ жолоба нѣсколько большей длины. Двойной суставъ между затылочной костью и первымъ шейнымъ позвонкомъ, также сочлененіе ручной кисти съ предплечіемъ, имѣютъ такую форму.

Движенія въ двѣхъ суставахъ характеризуются тѣмъ, что переходъ движущейся кости изъ одного положенія въ другое можетъ совершаться не иначе, какъ движеніями въ двухъ взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ, слѣдовательно, не совершенно свободно. Тягъ для такихъ суставовъ теоретически достаточно 4—двѣ пары антагонистовъ на каждую ось.

Третью основную форму представляетъ шаровое сочлененіе — суставъ о безконечномъ числѣ осей, который можно однако разсматривать, какъ суставъ о трехъ взаимно-перпендикулярныхъ осяхъ. Доказывается это слѣдующимъ образомъ. Такъ какъ движеніе, производимое вращеніемъ около всякой данной оси, происходитъ не иначе какъ въ плоскости перпендикулярной къ послѣдней, — слѣдовательно, три взаимно-перпендикулярныя оси вращенія представляютъ въ то же время три взаимно-перпендикулярныя направленія соотвѣствующихъ этимъ осямъ движеній. Отсюда уже понятно, что участки разной длины, отложенные отъ центра вращенія по длинѣ осей, будутъ представлять собою величины движеній и могутъ какъ таковыя слагаться попарно по закону параллелограмма силъ. Такимъ образомъ получаютъ результирующія направленія всѣхъ вообще сложныхъ движеній, производимыхъ одновременными вращеніями около 3 осей, — получаютъ прямыя линіи, представляющія въ то же время всѣ промежуточныя оси вращенія между 3 основными. Оттого и выходитъ, что суставъ о 3 взаимно-перпендикулярныхъ осяхъ равнозначенъ суставу о безконечно большомъ числѣ ихъ. То же самое наиболѣе просто и наглядно доказывается суставами головы съ позвоночникомъ. Ихъ три: двѣхъ парный между затылочной костью и первымъ позвонкомъ и одноосный между послѣднимъ и 2-мъ позвонкомъ. Первые два даютъ наклоны головы впередъ и назадъ, вправо и влево, а въ третьемъ происходитъ вращеніе ея около вертикальной оси. Значитъ голова связана съ позвоночникомъ какъ бы однимъ суставомъ о трехъ взаимно-перпендикулярныхъ осяхъ вращенія, а между тѣмъ движенія ея таковы, какъ будто она связана съ позвоночникомъ шаровымъ суставомъ, т.-е. суставомъ о безконечномъ числѣ осей. Убѣдиться въ этомъ очень легко на слѣдующей простой схемѣ (рис. 5). Пусть шаровидный суставъ *AB* изображаетъ трех-

осный суставъ головы съ позвоночникомъ, а точка *a* какую-либо точку на поверхности головы, наприм. точку на концѣ носа, совпадающую съ точкой *a* пространства. Двигая головой въ разнообразныхъ направленіяхъ, легко замѣтить, что переходъ изъ точки *a* въ другую точку *a'* пространства можетъ совершаться на многое множество ладовъ—можно даже сказать, на безконечное число ихъ—по кривымъ самой разнообразной формы. Но такая свобода перемѣщений предполагаетъ суставъ о безконечномъ числѣ осей вращенія, т.-е. шаровидный; значить, трехосный суставъ головы эквивалентенъ шаровому.

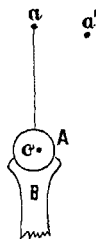


Рис. 5.

Суставныя скрѣпы. Изъ описательной анатоміи извѣстно, что концы сочлененныхъ между собою костей окружены суставной сумкой, герметически закрытымъ мѣшкомъ съ незначительной полостью, наполненной скользкой синовиальной жидкостью, смачивающей суставныя поверхности. Съ другой стороны извѣстно, что послѣднія, будучи отпечаткомъ другъ относительно друга, остаются въ непосредственномъ соприкосновеніи другъ съ другомъ, каково бы ни было положеніе члена (руки, ноги и пр.), т.-е. будетъ ли членъ согнутъ, или выпрямленъ. Поэтому, первой скрѣпой, удерживающей концы костей во взаимномъ соприкосновеніи, служитъ атмосферное давленіе. Величина этой скрѣпы опредѣляется величиною соприкасающихся суставныхъ поверхностей: на 1 кв. см. послѣдней она равняется приблизительно 2,5 фунт. ($13,596 \times 76$ грм.). Въ тазобедренномъ суставѣ, съ наибольшою суставною поверхностью, она не превышаетъ 30 кило, а въ трехъ главныхъ суставахъ руки—не болѣе 10 кило. Между тѣмъ извѣстно, что сильный гимнастъ способенъ поднять рукою въ висѣчемъ положеніи до 10 пудовъ; значить, помимо атмосфернаго давленія въ суставахъ существуютъ другія болѣе прочныя скрѣпы, именно, суставныя связки и мышцы, перекидывающіяся черезъ сочлененія. На мужскомъ трупѣ опытъ надъ связками локтевого сустава далъ слѣдующіе результаты. Рука съ перерѣзанными плечевыми мышцами была укрѣплена плечевою костью въ висѣчемъ положеніи и локтевой суставъ

вскрыть безъ пораненія связокъ. Въ этомъ положеніи она выдерживала растяженіе грузомъ въ 5 пудовъ безъ замѣтнаго удлиненія, т.-е. расхожденія костей; но лишь только была перерѣзана одна изъ боковыхъ связокъ, суставъ разорвался. Цифра эта дѣлаетъ уже понятнымъ, что связки своимъ натяженіемъ безъ всякихъ другихъ пособниковъ могутъ ограничивать передвиженіе костей въ томъ или другомъ направленіи (наприм., выгибаніе ноги въ колѣнѣ впередъ). Въ случаѣ же ненормально сильныхъ тягъ, растягивающихъ сочлененіе, на помощь къ связкамъ приходитъ еще болѣе сильная скрѣпа—сокращеніе мышцъ, окружающихъ сочлененіе. Насколько она сильна, увидимъ ниже.

Треніе въ суставахъ. Нѣкоторое понятіе о незначительности тренія въ суставахъ, даже при сильномъ сдавливаніи суставныхъ поверхностей, даетъ слѣдующій опытъ. Къ туловищу свободно стоящаго человѣка, сзади, въ области крестца, плотно привязывается въ горизонтальномъ направленіи деревянный брусокъ съ крючкомъ на одномъ изъ своихъ свободныхъ концовъ, на который надѣвается кольцо пружинныхъ вѣсовъ. Тягою послѣднихъ туловище приводится во вращеніе около продольной оси въ тазобедренныхъ и колѣнныхъ суставахъ. Оказывается, что при длинѣ плеча вращающей тяги въ 17 см., тяги въ полфунта достаточно, чтобы вызвать вращеніе ненагруженного сверху туловища; а при нагрузкѣ его (плечъ) тяжестью въ 4 пуда, тягу не пришлось усилить и на $\frac{1}{4}$ фунта.

Въ какой мѣрѣ такая незначительность величины тренія зависитъ отъ физическихъ свойствъ синовіальной жидкости и отъ упругости хрящевого слоя, выстилающаго суставныя поверхности, опытовъ, сколько мнѣ извѣстно, нѣтъ.

Послѣдній пунктъ въ устройствѣ костныхъ рычаговъ составляетъ:

Расположеніе тягъ относительно суставовъ. Выше было сказано, что мышцы перекидываются мостами черезъ суставы двухъ сочлененныхъ между собою костей; это случаи наиболѣе частые. Но есть и такіе, гдѣ онѣ перекидываются черезъ два сустава, какъ это изображаетъ приложенная схема (рис. 6). Понятно, что въ послѣднемъ случаѣ одна и та же тяга (*m*)

можетъ дѣйствовать, какъ односуставная мышца, когда одно изъ сочлененій, *a* или *b*, фиксировано неподвижно, или вращать одновременно кости *a* и *c*. Последнее едва ли однако случается въ дѣйствительности; поэтому и двухсуставныя мышцы дѣйствуютъ въ сущности, какъ односуставныя, т.-е. въ видѣ

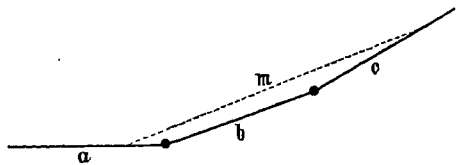


Рис. 6.

тягъ, приложенныхъ къ одноплечному рычагу. На этомъ основаніи мы и займемся разборомъ лишь послѣдняго случая.

Описать относящіяся сюда факты будетъ всего удобнѣе и короче на примѣрахъ сочетанія мышцъ съ физическими одноплечными рычагами, и именно мышцъ лягушки, такъ какъ онѣ и по выдѣленіи изъ тѣла долго сохраняютъ свои живыя свойства—способность возбуждаться съ нервовъ, укорачиваться и поднимать грузы.

Съ этой цѣлью изъ нижней конечности только-что убитой лягушки вырѣзывается икрная мышца *m* (рис. 7 А) съ кускомъ бедренной кости *k* и сѣдалищнымъ нервомъ *n*. Кость укрѣпляется неподвижно, а нижній конецъ висящей отвѣсно мышцы связывается съ возможно легкимъ рычажкомъ *pr*, вращающимся въ точкѣ *p*. Снизу къ рычагу подвѣшивается въ разныхъ мѣстахъ по его длинѣ чашка, въ которую кладутся гиришки разнаго вѣса, а передъ свободнымъ концомъ рычага укрѣпляется вертикально линейка съ дѣленіями. Въ такомъ видѣ опыты дадутъ возможность:

1) видоизмѣнять очень разнообразно: длину рычага, относительныя мѣста приложенія къ нему тяги и груза, величину послѣдняго и величину угла, подѣ которымъ тяга дѣйствуетъ на рычагъ;

2) измѣрять высоту поднятія груза при любомъ сочетаніи только что перечисленныхъ условій дѣйствія тяги, и

3) опредѣлять величину произведенной мышцей работы.

На рис. 7 представлены схематически три случая различнаго приложенія мышечныхъ тягъ и грузовъ къ рычагамъ равной длины, и въ каждомъ изъ нихъ изображено сплошной

линіей pr положеніе рычага при покоѣ мышцы и пунктированной ps —положеніе его при сокращеніи послѣдней. Контуры сокращенной мышцы тоже обозначены пунктиромъ. Стало-

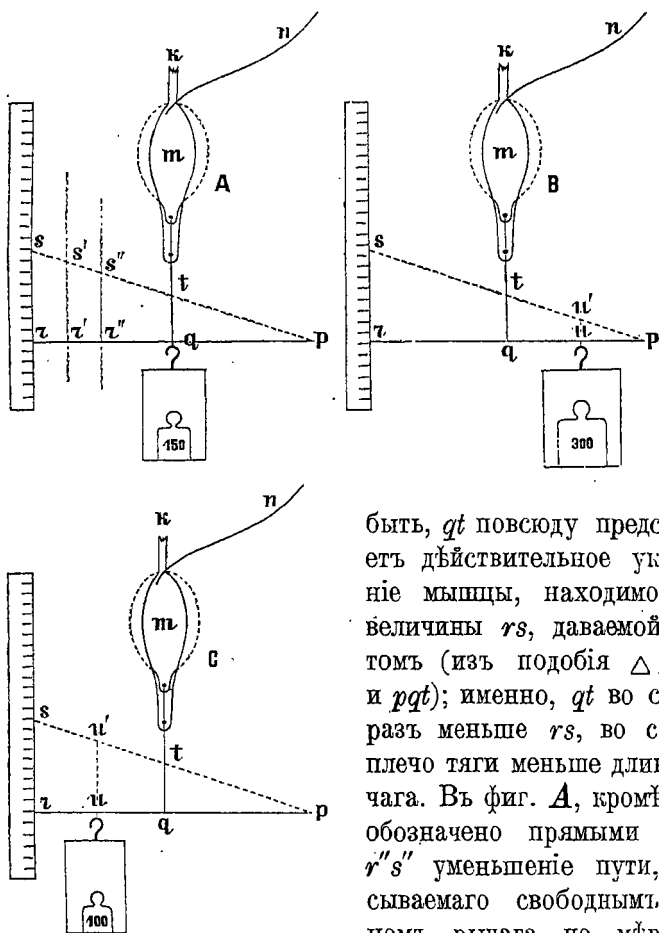


Рис. 7.

быть, qt повсюду представля-
етъ дѣйствительное укороче-
ніе мышцы, находимое изъ
величины rs , даваемой опы-
томъ (изъ подобія $\triangle \triangle prs$
и pqt); именно, qt во столько
разъ меньше rs , во сколько
плечо тяги меньше длины ры-
чага. Въ фиг. *A*, кромѣ того,
обозначено прямыми $r's'$ и
 $r''s''$ уменьшеніе пути, опи-
сываемаго свободнымъ кон-
цомъ рычага по мѣрѣ его
укороченія при неизмѣнной
высотѣ поднятія груза. Далѣе,

въ той же формѣ опыта *A* тяга и грузъ приложены къ рычагу
въ одной и той же точкѣ; стало быть плечи ихъ дѣйствія равны,
и мышца по закону равновѣсія силъ на рычагахъ, отяго-
щена грузомъ, равнымъ вѣсу чашки съ положенной въ нес

гирькой, если рычагъ самъ по себѣ вѣсомъ такъ малъ, что его вѣсомъ можно пренебречь. Въ опытѣ *B* плечо тяги (*pq*) вдвое больше плеча груза (*pu*): слѣдовательно, при той же нагрузкѣ чашки, какъ въ *A*, мышца была бы отягощена вдвое меньшимъ грузомъ. Поэтому же въ опытѣ *C*, гдѣ *pu* въ полтора раза больше *pq*, она была бы отягощена, наоборотъ, въ полтора раза сильнѣе. Если предположить поэтому, что во всѣхъ 3 опытахъ работаетъ одна и та же мышца и во всѣхъ 3 случаяхъ нервъ ея (*n*) раздражается одинаково сильно, то равныя высоты поднятія грузовъ (или, что тоже, равныя величины укороченія мышцы) получились бы при условіи, если бы величины грузовъ стояли въ отношеніи 1,5:3:1, потому что, если одна и та же мышца раздражается въ трехъ случаяхъ одинаково сильно, то величина производимой ею тяги должна оставаться неизмѣнной, и мышца должна во всѣхъ случаяхъ производить работы равной величины, т.-е. поднимать вдвое, втрое большую тяжесть на вдвое и втрое меньшую высоту, или наоборотъ. Это мы и видимъ на нашихъ схемахъ: если въ *A* высота поднятія $qt = 1$, то величина работы здѣсь 150.1; въ *B*—300.¹/₂; въ *C*—100.1,5.

Въ дѣлѣ относительнаго расположенія тягъ и грузовъ случаи *B* и *C* представляютъ, очевидно, крайности, а случай *A* лежитъ между ними. Расположеніе *B* выгодно въ случаяхъ, когда сравнительно слабая тяга имѣетъ передвигать большіе грузы на небольшія разстоянія, а расположеніе *C* важно тамъ, гдѣ на первомъ мѣстѣ стоитъ не величина груза, а величина его передвиженія.

Засимъ необходимо сравнить между собою дѣйствія тягъ при условіи, когда онѣ приложены къ рычагу подъ разными углами.

На приложенной схемѣ (рис. 8) въ *A* тяга *t* дѣйствуетъ на рычагъ *or* подъ прямымъ, а въ *B*—подъ острымъ угломъ; участки *oa* и *ob* по длинѣ горизонтальнаго и наклоннаго рычаговъ взяты попарно равными между собою. Тогда плечо дѣйствія тяги въ *B*, *oa'*, будетъ менѣе чѣмъ въ *A*; слѣдовательно, тяга въ *B* поставлена въ менѣе выгодныя условія для дѣйствія, чѣмъ тяга въ *A*. Но зато плечо дѣйствія груза въ *B*, *ob'*, тоже меньше чѣмъ въ *A*, и притомъ во столько

же разъ меньше, во сколько разъ oa' меньше oa . Слѣдовательно, съ этой стороны въ условіяхъ дѣйствія тягъ не будетъ никакой разницы. Но между величинами мышечной и грузовой тяги разница въ обоихъ случаяхъ будетъ значительная. Такъ, если обозначить обѣ эти величины попарно равными длинами линій ac и bd ; то въ A мышечная тяга и грузъ будутъ дѣйствовать на рычагъ, такъ сказать, полностью, а въ

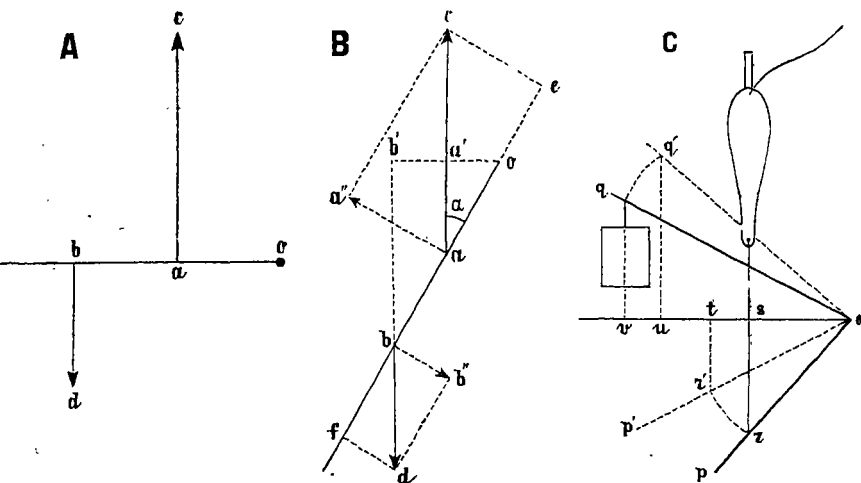


Рис. 8.

B —съ убылью,—какъ $ac \cdot \sin \alpha$ и $bd \cdot \sin \alpha$. Другими словами, дѣйствіе тягъ ac и bd въ B будетъ соответствовать тому, какъ бы на рычагъ дѣйствовали подъ прямымъ угломъ тяги aa'' и bb'' . Понятно, что убыль тѣмъ сильнѣе, чѣмъ острѣе уголъ, подъ которымъ тяги дѣйствуютъ на рычагъ. Такъ, при $\alpha = 30^\circ$, $aa'' = \frac{1}{2}ac$, $bb'' = \frac{1}{2}bd$.

Во всѣхъ разобранныхъ доселѣ примѣрахъ мы молча принимали, что мышечная тяга сохраняетъ свое отвѣсное направленіе во все время поднятія рычага (что не совсѣмъ вѣрно). При этомъ во всѣ стадіи поднятія не происходитъ ни выигрыша, ни потери въ условіяхъ дѣйствія, потому что

моменты тяги и груза остаются неизмѣнными. Но въ томъ же рис. 8 рядомъ съ *A* и *B* въ *C* представленъ случай, гдѣ работа тяги съ поднятіемъ груза облегчается. Здѣсь тяга дѣйствуетъ на ломаный рычагъ *pod* съ точкой вращенія въ *O*. и при начальномъ положеніи его, обозначенномъ сплошными линіями, плечо дѣйствія тяги есть *os*, а плечо дѣйствія груза *ov*. Когда же вслѣдствіе укороченія мышцы рычагъ приметъ положеніе *p'oq'*, то плечо тяги удлинится съ *os* на *ot*, а плечо груза укоротится съ *ov* на *om*: дѣйствіе тяги будетъ непрерывно усиливаться, а противодѣйствіе груза — непрерывно ослабѣвать.

Теперь намъ остается сказать лишь нѣсколько словъ о вращательныхъ тягахъ, т.-е. объ условіяхъ дѣйствія мышцъ, вращающихъ кости около ихъ продольныхъ осей.

Такихъ условій, по самому смыслу дѣла, три: шаровидная форма сустава, допускающая такую вращаемость; направленіе тяги относительно продольной оси вращаемой кости, и такое приложеніе тяги къ поверхности послѣдней, при которомъ точка ея прикрѣпленія къ кости, перемѣщаясь во время вращенія, могла бы приближаться къ неподвижному концу тяги. Протяженію, на которое она способна перемѣщаться, соответствуетъ величина угла вращенія; плечомъ дѣйствія тяги служитъ перпендикуляръ изъ точки ея прикрѣпленія (къ подвижной кости) на ось вращенія; наконецъ, отъ величины угла между направлениемъ тяги и продольною осью кости зависитъ величина вращательной слагаемой. Чѣмъ больше приближается этотъ уголъ къ прямому, тѣмъ больше при прочихъ равныхъ условіяхъ вращательная слагаемая, и тѣмъ короче можетъ быть длина вращающей мышцы и наоборотъ: *pronator quadratus* въ рукѣ и *peroneus* въ ногѣ доказываютъ это своимъ положеніемъ и размѣрами съ очевидностью.

Переходя отсюда къ расположенію мышечныхъ тягъ въ туловищѣ и конечностяхъ человѣческаго тѣла, прежде всего необходимо замѣтить, что здѣсь: 1) мѣста точекъ вращенія математическихъ рычаговъ замѣняютъ оси вращенія; 2) мѣста точекъ приложенія грузовъ — центры тяжести передвигаемыхъ рычаговъ; 3) мѣста линейныхъ тягъ — болѣе или менѣе толстые жгуты и пластины различныхъ формъ; 4) къ одному и

тому же рычагу прикладывается не одна, а нѣсколько тягъ, въ наипростѣйшемъ случаѣ—2; 5) тяги эти направлены очень разнообразно относительно продольныхъ осей рычаговъ и ихъ осей вращенія; наконецъ, 6) оси вращенія во многихъ случаяхъ мѣняютъ свое положеніе во время передвиженія рычаговъ, вслѣдствіе чего мѣняется и направленіе тягъ. Понятно, что подвести итоги всѣмъ этимъ колебаніямъ въ расположеніи тягъ, мѣняющимся въ разныхъ положеніяхъ тѣла, нѣтъ никакой возможности. Выбрать изъ такой пестрой картины что-либо общее—постоянное можно лишь для какого-нибудь одного точно опредѣленнаго положенія частей тѣла, и таковымъ можетъ быть лишь случай совершеннаго покоя всѣхъ частей тѣла при стоянціи человѣка въ отвѣсномъ положеніи, съ висячими отвѣсно руками. Для этого состоянія тѣла всю сумму подлежащихъ нашему разсмотрѣнію фактовъ можно резюмировать въ слѣдующія общія положенія:

1) наименьшее число тягъ окружаетъ одноосные суставы; наибольшее—трехосные;

2) какъ бы велико ни было число тягъ, окружающихъ сочлененіе, ихъ всегда можно распредѣлить попарно въ антагонистически дѣйствующія группы;

3) все разнообразіе тягъ по направленію исчерпывается возможностью разлагать ихъ въ трехъ взаимно перпендикулярныхъ направленіяхъ;

4) тамъ, гдѣ тяги слабы или имѣютъ производить незначительное перемѣщеніе частей, расположеніе ихъ относительно костныхъ рычаговъ соотвѣтствуетъ дѣйствію съ наименьшей потерей силъ;

5) тамъ же, гдѣ онѣ имѣютъ производить большія перемѣщенія *eo ipso* длинныхъ тяжелыхъ рычаговъ, тяги сильны, съ расположеніемъ, благопріятствующимъ величинѣ передвиженій.

Первые три пункта не требуютъ разясненій; но на послѣднихъ двухъ слѣдуетъ остановиться.

По типу пункта 4 расположено большинство туловищныхъ тягъ, а по пункту 5 тяги конечностей; но есть, конечно, и переходныя формы между обоими типами.

На основаніи того, что было сказано выше, въ опытахъ съ физическими рычагами, тяга работаетъ съ наименьшею потерей въ силѣ, если она дѣйствуетъ на рычагъ подѣ угломъ, мало уклоняющимся отъ прямого, и точка ея приложенія къ рычагу (одноплечному) лежитъ за мѣстомъ приложенія груза—въ нашемъ случаѣ, за центромъ тяжести передвижаемаго рычага. Обоймъ этимъ условіямъ почти вполнѣ соответствуютъ мелкія межпозвоночныя мышцы (*mm. interspinal. intertransvers. и rotatores dorsi*). Всѣ онѣ слабы и коротки. Сюда же должны быть отнесены всѣ пластинчатая мышца туловища, потому что отдѣльные участки тонкихъ пластовъ представляютъ слабыя тяги. Здѣсь, по удобству расположенія тягъ для дѣйствія силъ, на первомъ мѣстѣ стоитъ поперечная брюшная мышца, а на второмъ: обѣ косыя брюшныя (какъ оттягиватели реберъ книзу), вся система межреберныхъ мышцъ и *rectus abdominis*. Менѣе благопріятно для дѣйствія силъ расположены *quadratus lumborum* и *serratus post. inf.* Наконецъ, *mm. scaleni, levator costarum* и вся система *m. sacrospinalis* составляютъ по расположенію тягъ уже переходъ ко 2-му типу: здѣсь точки приложенія тягъ лежатъ уже между точкой вращенія и центромъ тяжести передвижаемаго рычага, какъ въ мышцахъ конечностей.

Въ конечностяхъ невыгодность расположенія тягъ для дѣйствія силъ усиливается еще тѣмъ обстоятельствомъ, что мышцы прикрѣпляются къ костямъ обоими своими концами подѣ очень острыми углами и тотъ или другой конецъ ихъ, кромѣ того, очень близки къ оси вращенія двигаемаго мышцей рычага (наприм., концы мышцъ около плечевого сустава, локтевого сгиба, колѣннаго сочлененія и пр.). Цѣлесообразность такого устройства понятна, если имѣть въ виду значительную подвижность рукъ и ногъ, или, точнѣе, обширность перемѣщенія ихъ свободныхъ концовъ въ пространствѣ; такъ какъ главною цѣлью движеній руки и ноги всегда бываетъ перемѣщеніе не той или другой части конечности, а именно ручной кисти и стопы. Такой цѣли и соответствуетъ какъ длина костныхъ рычаговъ (плеча и предплечія, бедра и голени), такъ и упомянутое расположеніе тягъ. Однако уронъ, причиняемый такимъ расположеніемъ силъ мышцъ, такъ великъ, что въ головѣ не-

вольно возникает мысль, почему здѣсь неприменимъ способъ прикрѣпленія тягъ 1-го типа, т.-е. за центромъ тяжести двигаемаго рычага. Посмотримъ же, что бы вышло изъ такого расположенія, напримѣръ, на рукѣ. Тогда нижніе концы двигателей предплечія должны были бы спуститься почти до половины длины предплечія, чтобы зайти за центръ тяжести нижней половины руки; а двигатели всей руки, какъ цѣльнаго рычага, т.-е. мышцы, идущія съ туловища на плечевую кость, должны были бы спуститься своими нижними концами ниже локтевого сгиба, чтобы зайти за центръ тяжести всей руки, какъ цѣльнаго рычага. Вслѣдствіе удлиненія тѣхъ и другихъ мышцъ рука стала бы тяжелѣе, а вслѣдствіе перемѣщенія мышечнаго вещества по длинѣ руки книзу въ томъ же направленіи перемѣстился бы и центръ тяжести руки, какъ цѣльнаго рычага. Значитъ, главнымъ двигателямъ руки, мышцамъ, перекидывающимся на нея съ туловища, пришлось бы передвигать никакъ не меньшіе, а скорѣе большіе грузы, чѣмъ передвигаемые при настоящемъ устройствѣ; притомъ для всякаго вообще даннаго перемѣщенія ручной кисти имъ пришлось бы укорачиваться на большую длину. Словомъ, расположеніе тягъ по такому типу принесло бы даже дѣйствию силъ скорѣе уронъ, чѣмъ пользу. Кромѣ того, нужно принять въ соображеніе, что уронъ, причиняемый мышечнымъ силамъ настоящимъ расположеніемъ, возмѣщается: силою ручныхъ и ножныхъ мышцъ; тѣмъ, что даже значительнымъ перемѣщеніямъ свободныхъ концовъ конечностей соотвѣтствуютъ незначительныя укороченія мышцъ, что составляетъ экономію ихъ силъ; и, наконецъ, тѣмъ, что въ висячемъ положеніи рукъ и ногъ, малой длинѣ плечъ тяги соотвѣтствуетъ малая же длина плечъ противодействующихъ грузовъ*). Кромѣ того, ниже, говоря о растяжимости мышцъ, мы укажемъ на очень существенное удобство прикрѣпленія мышцъ къ костямъ по близости осей вращенія.

*) Если, наприим., въ висячемъ положеніи руки уголь, подъ которымъ прикрѣпляются къ предплечнымъ костямъ *biceps* и *brachial. intern.*, не превышаетъ 50°, а плечи дѣйствія тягъ не превышаютъ нѣсколькихъ миллиметровъ, то плечо противодействующаго груза будетъ почти равно нулю, потому что отвѣсъ черезъ центръ тяжести предплечія, продолженный вверхъ, проходитъ почти черезъ ось локтевого сгиба.

Мышечная тяга.

Согласно сдѣланному выше опредѣленію, мышца представляетъ производителя тяги. Но въ тягѣ всегда различаютъ слѣдующія три стороны: направленіе, силу и быстроту дѣйствія, т.-е. величину производимаго тягой перемѣщенія въ единицу времени. Стало-быть, для каждой мышцы въ отдѣльности должны существовать: опредѣленное направленіе производимой ею тяги, опредѣленная величина подъемной силы, опредѣленная величина укороченія и, наконецъ, извѣстная быстрота сокращенія. Изученіемъ этихъ трехъ сторонъ мышечной дѣятельности въ связи съ устройствомъ мышцы, ея размѣрами, формой и свойствами сократительнаго вещества, изъ котораго она выстроена, мы и займемся.

Направленіе тяги. Въ анатоміи обособленность мышцы отъ сосѣднихъ съ нею мускуловъ опредѣляется, какъ извѣстно, обособленностью ея начала и конца, или мѣстъ прикрѣпленія обоихъ ея концовъ къ костямъ. Мѣста эти при укороченіи мышцы сближаются другъ съ другомъ; поэтому *направленіе ея тяги опредѣляется прямой линіей, соединяющей середины мѣстъ ея прикрѣпленія къ костямъ* или, точнѣе, центры тяжести поверхностей, представляемыхъ мѣстами прикрѣпленія, такъ какъ контуры этихъ поверхностей имѣютъ неправильную форму. Впрочемъ, правило это безусловно справедливо только для такихъ мышцъ (наприм., всѣхъ мелкихъ), относительно которыхъ не можетъ быть сомнѣнія въ томъ, что онѣ сокращаются всегда цѣликомъ, не отдѣльными частями. Тамъ же, гдѣ есть поводъ думать или извѣстно съ достовѣрностью, что мышечная особь (по особенностямъ ея начала и конца) можетъ сокращаться отдѣльными порціями, число тягъ будетъ зависѣть отъ числа послѣднихъ, и для каждой частной тяги будетъ справедливо приведенное выше опредѣленіе. Рѣзкій примѣръ представляютъ общій разгибатель и оба сгибателя пальцевъ руки. Всѣ три мышцы описываются въ анатоміи, какъ особи; а между тѣмъ каждая изъ нихъ, двигая тѣмъ или другимъ пальцемъ въ отдѣльности, сокращается не цѣликомъ, а отдѣльными порціями.

Величина укороченія мышцъ. Всякая мышца костнаго скелета, какова бы ни была ея форма, представляетъ въ сущности пучекъ едва видимыхъ невооруженнымъ глазомъ нитей или волоконъ, которыя лежатъ параллельно другъ къ другу, не срастаясь, и связаны въ компактное цѣлое обвивающими ихъ легко растяжимыми пленками соединительной ткани *). Каждое такое волокно обладаетъ сократительностью съ извѣстной подъемной силой, и всѣ они сокращаются независимо другъ отъ друга. При этомъ, насколько каждое волокно укорачивается въ длину, настолько же оно увеличивается въ толщину. Соотвѣтственно этому и на цѣльной мышцѣ наблюдается то же самое—укороченіе по длинѣ волоконъ и утолщеніе въ поперечномъ направленіи. Если къ этому прибавить, что всѣ мышцы костнаго скелета считаются выстроенными изъ одного и того же сократительнаго вещества, то понятно, что величина наибольшаго укороченія мышечныхъ волоконъ должна повсюду представлять извѣстную долю длины этихъ волоконъ въ покойномъ состояніи. На мышцахъ призматической формы, гдѣ длина составляющихъ мышцу волоконъ равна длинѣ послѣдней, *Эд. Веберъ* нашелъ, что мышца можетъ укорачиваться (при слабомъ отягощеніи) почти на половину своей длины. Но въ мышцахъ иной формы величина эта конечно можетъ быть иная — все зависитъ отъ направленія мышечныхъ волоконъ относительно направленія тяги (см. ниже, формы мышцъ). Въ частности, для каждой мышцы въ отдѣльности величина ея наибольшаго укороченія опредѣляется, по мысли *Эд. Вебера*, разностью между слѣдующими двумя длинами: отстояніемъ точекъ прикрѣпленія обоихъ концовъ мышцы къ костямъ при ея покоѣ и отстояніемъ этихъ самыхъ точекъ въ положеніи члена, соотвѣтствующемъ наибольшему укороченію данной мышцы. Во многихъ случаяхъ обѣ длины можно опредѣлять на трупѣ, придавая тому или другому

*) Если бросить въ кипятокъ кусокъ мяса и варить его нѣсколько часовъ, то мясо можно расщипать на тончайшія нити. Дѣло въ томъ, что въ кипяткѣ пленки соединительной ткани растворяются въ клей—волокна освобождаются. Каждая тончайшая нить перевареннаго такимъ образомъ мяса, не могущая уже быть раздѣленной по длинѣ, и есть мышечное волокно, элементъ мышцы.

члену положенія, соотвѣтствующія его покою и наибольшему перемѣщенію. Въ примѣненіи къ человѣку это есть единствен- ный способъ измѣрять величину наибольшаго укороченія, а на мышцахъ животныхъ измѣренія производятся прямо или при посредствѣ рычаговъ, какъ въ описанныхъ выше (стр. 14) опытахъ.

Подъемная сила мышцъ. Выше было сказано, что волокна въ мышцѣ сокращаются независимо другъ отъ друга и каждое волокно обладаетъ извѣстной подъемной силой. Значить, подъ- емная сила цѣльной мышцы есть ничто иное, какъ сумма подъемныхъ силъ составляющихъ ее волоконъ. Отсюда уже само собою вытекаетъ, что если бы всѣ волокна въ мышцѣ имѣли одинаковую толщину, то ея подъемная сила стояла бы въ прямомъ отношеніи съ числомъ составляющихъ ее воло- конъ; во всякомъ же случаѣ она *прямо пропорціональна пло- щади поперечнаго разрѣза мышцы въ томъ мѣстѣ, черезъ которое проходятъ всѣ ея волокна.*

Для каждой мышцы въ отдѣльности величина подъемной силы опредѣляется опытно наибольшимъ грузомъ, который уравниваетъ тягу мышцы, при одновременномъ и наиболѣе сильномъ сокращеніи всѣхъ ея волоконъ. Но въ виду того обстоятельства, что сократительное вещество, изъ котораго выстроены мышцы костнаго скелета, повсюду одинаково и подъемныя силы повсюду пропорціональны площадямъ попе- речныхъ разрѣзовъ мышцъ, вопросъ допускаетъ рѣшеніе въ общемъ видѣ: берется мышца извѣстнаго поперечнаго разрѣза, опытомъ опредѣляется ея подъемная сила, и найденная величина относится къ 1-цѣ площади поперечнаго разрѣза. Если бы, на- примѣръ, подъемная сила такой мышцы съ поперечнымъ разрѣ- зомъ въ 2,5 кв. см. оказалась равной 25 кило, то на тол- щину мышцы въ 1 кв. см. приходилось бы во всѣхъ мыш- цахъ тѣла по 10 кило. Слѣдовательно, по извѣстной толщинѣ любой мышцы мы знали бы и ея подъемную силу.

Измѣреніе этой величины на мышцахъ лягушки дѣлает- ся очень просто и будетъ описано ниже; но на чело- вѣкѣ къ ней подойти можно лишь окольными путями, по- этому вѣрность результатовъ получается лишь приближи- тельная.

Первымъ классическимъ примѣромъ такого измѣренія можетъ служить знаменитый опытъ *Эд. Вебера*.

Человѣку въ стоячемъ положеніи накладываютъ на плечи все большія и большія тяжести, пока онъ не въ состояніи наконецъ подняться на цыпочки, т.-е. поднять вверхъ тяжесть своего тѣла вмѣстѣ съ плечевымъ грузомъ сокращеніемъ обѣихъ паръ икряной и подъякряной мышцы. При этомъ, вѣсъ тѣла — наложенный на плечи грузъ, дѣйствуя внизъ по направленію *mb*, (рис. 9), уравниваетъ дѣйствіе тягъ икряныхъ мышцъ, стремящихся отдѣлать пятки отъ земли и дѣйствующихъ вверхъ по направленію *an*. При отдѣленіи пятки точкой вращенія одноплечнаго (по Веберу) рычага *ac* будетъ точка *c*; *cb* будетъ плечомъ груза, *ac* плечомъ тяги; а обѣ эти величины, равно какъ вѣсъ тѣла вмѣстѣ съ плечевымъ грузомъ, могутъ быть измѣрены, слѣдовательно, извѣстны. Такимъ образомъ, если обозначимъ черезъ *p* вѣсъ тѣла съ грузомъ, то величина тяги въ каждой ногѣ, по закону равновѣсія силъ на рычагахъ, будетъ

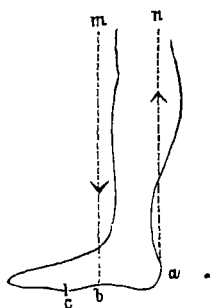


Рис. 9.

$$x \cdot ac = \frac{1}{2} p \cdot bc.$$

Но форма дѣйствующихъ въ этомъ опытѣ мышцъ не призматическая. Какому же поперечному разрѣзу соответствуетъ найденная подъемная сила? Веберъ высчитывалъ его изъ объемовъ мышцъ на трупѣ по средней длинѣ той и другой мышцы. Но приему, который употребляетъ въ такихъ случаяхъ Гаутонъ*), слѣдуетъ отдать предпочтеніе. Сдѣлавъ измѣрительный опытъ на какой-либо мышцѣ живого человѣка, онъ беретъ соответственную мышцу изъ трупа и, перерѣзавъ ее въ наиболѣе толстомъ мѣстѣ перпендикулярно къ ходу волоконъ, напоситъ контуръ поперечнаго разрѣза на бумагу; вырѣзываетъ очерченный кусокъ бумаги и взвѣшиваетъ его. Если извѣстно, сколько вѣситъ 1 кв. см. этой самой бумаги, то будетъ извѣстно и квадратное содержаніе очерченной площади.

Чтобы показать, какъ мѣряютъ подъемную силу на другихъ

*) Haughton, Principles of animal mechanics.

мышцахъ, приведу опытъ Гаутона надъ сгибателями руки въ локтѣ и ноги въ колѣнѣ.

На приложенномъ рис. 10 схематизированы условія опыта надъ сгибателями предплечья, *biceps brachii* и *brachialis internus*. При отвѣсно висѣщемъ положеніи плеча *АО*, рука держится согнутой въ локтѣ на прямой уголъ, и на предплечье *В* въ разстояніи 31,5 см. отъ оси вращения локтевого сгиба (*о*), именно въ точкѣ *б*, навѣшивается грузъ такой величины, который уравниваетъ активныя тяги обоихъ сгибателей. Найдено было, что грузъ этотъ

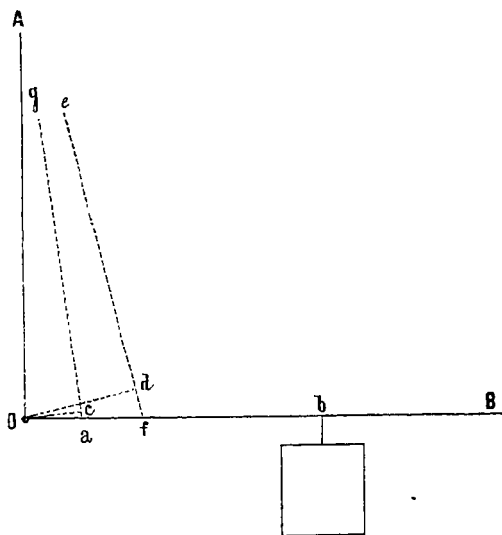


Рис. 10.

для подвергавшагося опыту человѣка равенъ 17,7 кило. Однако тяги уравнивались не однимъ этимъ грузомъ, а вмѣстѣ съ нимъ тяжестью всего предплечья съ ручной кистью. Этотъ прибавочный грузъ для данныхъ условій составлялъ приблизительно 0,9 кило *); слѣдовательно, грузъ, уравнивавшій тяги обѣ-

*) Предплечье съ ручной кистью вѣситъ менѣе 3 кило, а центръ тяжести этого члена удаленъ отъ оси вращения въ локтѣ приблизительно на 10 см. Слѣдовательно, если представить себѣ предплечье съ ручной кистью въ формѣ невѣсимаго рычага *оe* съ грузомъ *p* менѣе 3 кило, подвѣшеннымъ къ рычагу на разстояніи около 10 см. (*ос*), то тяга (вверхъ) въ точкѣ *d*, отстоящей отъ *о* на 31,1 см., уравнивающая тягу груза, будетъ около 0,9 кило.

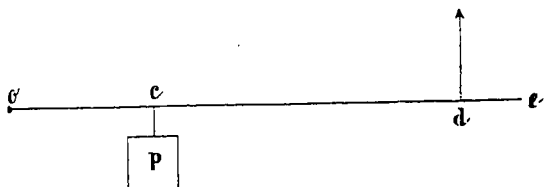


Рис. 11.

ихъ мышцъ, былъ 18,6 кило, а длина его плеча—31,1 см. Послѣ этого оставалось только найти плечи обѣихъ тягъ и величину поперечныхъ разрѣзовъ обѣихъ мышцъ. То и другое дѣлалось уже на трупѣ съ рукою близкою по размѣрамъ и формѣ къ рукѣ живого человѣка, подвергавшагося опыту. На мертвой рукѣ, согнутой въ локтѣ, опредѣлялось направление обѣихъ тягъ, *ag* (brach. int.) и *ef* (bicipitis). Перпендикуляры къ нимъ (*oc*, *od*) изъ точки вращенія *o* дали

для brach. int. длину плеча $oc = 2,72$ см.

для biceps hum. » » $od = 5,23$ »

Измѣреніе поперечныхъ разрѣзовъ дало:

для brach. int. 8,27 кв. см.

для bic. hum. 12,346 » »

Если обозначимъ теперь черезъ x величину подъемной силы въ той и другой мышцѣ на 1 кв. см. разрѣза, то

тяга m. brach. будетъ $8,27 \cdot x$

» m. bic. hum. » $12,346 \cdot x$;

наконецъ, на основаніи всѣхъ числовыхъ данныхъ, по закону равновѣсія силъ на рычагахъ, получимъ

$$18,6 \times 31,1 = x [8,27 \cdot 2,72 + 12,346 \cdot 5,23],$$

откуда подъемная сила сгибателей предплечія на 1 кв. см. поперечнаго разрѣза будетъ

6,65 кило.

Подобные же опыты *Генке* и *Кнарца* дали для тѣхъ же мышцъ большую величину, именно 8,187 кило.

Какъ третій примѣръ, привожу опытъ *Гаутона* надъ сгибателями ногъ въ колѣнѣ.

Человѣкъ лежитъ на столѣ лицомъ внизъ, съ концами ногъ, вытянутыми за край стола, и на пятки одной ноги навѣшивается наибольшій грузъ, который можетъ быть еле поднять сгибаніемъ ноги въ колѣнѣ. Грузъ этотъ, при отстояніи точки его привѣса отъ оси вращенія рычага въ 41,9 см., оказался равнымъ 15,40 кило, а съ прибавочнымъ грузомъ голени и

стопы (1,36 кило)—равнымъ 16,76. Сгибаніе ноги въ колѣнѣ производится пятью мышцами. Измѣренія ихъ плечъ и поперечныхъ разрѣзовъ (на томъ же трупѣ, гдѣ измѣрялись соотвѣтственные величины для сгибателей плеча) дали слѣдующія числа.

	Плечи.	Попер. разр.
Biceps femoris {	длинная головка . 2,41 стм.	16,71 кв. стм.
	короткая » . 1,42 »	7,35 » »
Semitendinosus	1,016 »	12,06 » »
Semimembranosus.	1,65 »	14,52 » »
Gracilis	0,63 »	5,74 » »
Sartorius	0,00 »	3,81 » »

Откуда, обозначивъ черезъ x подъемную силу на 1 кв. стм. поперечнаго разрѣза, получимъ, по закону равновѣсія силъ на рычагахъ,

$$16,76 \times 41,9 = x \times \begin{cases} 2,41 \times 16,71 \\ + 1,42 \times 7,35 \\ + 1,016 \times 12,06 \\ + 1,65 \times 14,52 \\ + 0,63 \times 5,74 \\ + 0,00 \times 3,81 \end{cases}$$

или

$$x = 7,75 \text{ кило.}$$

Въ заключеніе привожу имѣющіяся по такимъ измѣреніямъ среднія числа различныхъ изслѣдователей:

для gastrocn. и sol.	8,30 кило	Генке и Костеръ.
» сгибателей предплеч.	8,59 »	Генке.
» сгибателей плеча	6,65 »	Гаутонъ.
» сгибателей ноги	7,75 »	»
» разгибателя ноги.	8,75 »	Генке и Костеръ.

Въ среднемъ итогъ $x = 8$ кило на 1 кв. стм. поперечнаго разрѣза.

Зная эту величину и поперечный разрѣзъ мышцъ, получаемъ изъ произведенія ихъ другъ на друга подъемную силу любой отдѣльной мышцы и любой суммы ихъ. Такъ, подъем-

ная сила обоихъ сгибателей руки въ локтѣ будетъ круглымъ числомъ

165 кило ($20,616 \times 8$), болѣе 10 пудовъ,

а подъемная сила всѣхъ сгибателей ноги въ колѣнѣ—

180 кило ($60,19 \times 8$), около 30 пудовъ.

Приблизительную вѣрность этихъ чиселъ можно провѣрить слѣдующимъ расчетомъ силы сгибателей руки въ локтѣ.

Если o есть ось вращенія предплечья въ локтѣ; os длина предплечья до середины ручной кисти; x —неизвѣстный еще грузъ въ рукѣ, сжатой въ кулакъ; oa и ob —плечи обоихъ сги-



Рис. 12.

бателей, а перпендикуляры изъ a и b къ os тяги обѣихъ мышцъ, то при $os = 35,5$ см.; $oa = 2,72$ см.; $ob = 5,23$ см., и притягъ въ a равной 66 кило, въ b —99 кило, будемъ имѣть:

$$35,5 x = 66 \cdot 2,72 + 99 \cdot 5,23,$$

откуда круглымъ числомъ

$$x = 19 \text{ кило (около 45 фунт.)}.$$

Другими словами, человѣкъ съ мышцами данной силы и данною длиною руки могъ бы удерживать въ кулакѣ грузъ около пуда, держа руку опущенной въ плечѣ и согнутой въ локтѣ. Но мы знаемъ, что сильный гимнастъ можетъ удержать такимъ образомъ тяжесть въ 2 пуда. У него, по даннымъ нашего расчета, сумма тяги обѣихъ мышцъ была бы 270 кило, или 108 кило на *brach. intern.* и 162 на *biceps*, съ попереч-

ными разрёзами въ 13 кв. стм. для первой и 20 кв. стм. для второй, т.-е. у такого человѣка объ мышцы должны были бы быть въ полтора раза толще, чѣмъ у перваго, что согласно, я полагаю, съ дѣйствительностью.

Хотя подъемная сила мышцъ повсюду опредѣляется величиною ея поперечнаго разрёза, но сила эта лишь въ рѣдкихъ случаяхъ переходитъ въ работу передвиженія грузовъ полностью, и зависитъ это отъ направленія составляющихъ мышцу волоконъ въ отношеніи къ общему направленію производимой ею тяги. Въ этомъ отношеніи опредѣляющее значеніе имѣютъ

Формы мышцъ. Несмотря на видимое разнообразіе этихъ формъ, мышцы костнаго скелета человѣка—если не всѣ, то значительное большинство—можно представлять себѣ выстроенными изъ мышечныхъ пластовъ трехъ различныхъ формъ, сочетающихся на нѣсколько разныхъ ладовъ съ костями, сухожиліями и другъ съ другомъ.

Наложеніемъ другъ на друга пластовъ прямоугольной формы получается призматическій жгутъ большей или меньшей длины и толщины. Такая форма будетъ наиболѣе выгодна для дѣйствія мышцъ въ случаѣ, если при своемъ сокращеніи она передвигаетъ грузъ по направленію составляющихъ ее (параллельныхъ другъ къ другу) волоконъ. Тогда подъемная сила работаетъ полностью, ибо равнодѣйствующая всѣхъ отдѣльныхъ тягъ равна ихъ суммѣ. Представителями такихъ мышцъ могутъ служить прямыя мышцы глазнаго яблока, *mm. sternohyoidei*, *mm. interspinales* и пр. Но такихъ мышцъ вообще мало.

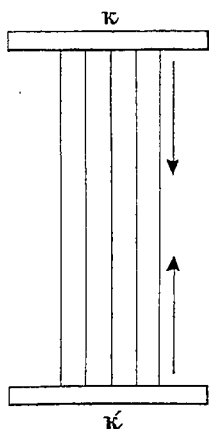


Рис. 13.

Наложеніемъ ромбическихъ пластинъ другъ на друга получаютъ мышцы ромбоидальной формы, каковы, наприм., межреберныя. Чтобы выяснитъ ихъ дѣйствіе (рис. 14), представимъ себѣ объ кости k и k' , къ которымъ прикрѣплены мышцы, подвижными. Въ такомъ случаѣ мышечныя тяги, изображенныя стрѣлками c , f , g , h , будутъ не только сближать кости k и k' другъ

съ другомъ, но и передвигать ихъ по направленію стрѣлокъ m и n въ противоположныя стороны, ибо тяги каждого мышечнаго волокна, дѣйствуя на кости наклонно, разлагаются на двѣ взаимно перпендикулярныя слагаемыя (напр., тяга e на слагаемыя p и r , тяга g на слагаемыя s и t), изъ которыхъ одна (r или s) стремится сблизить кости, а другая (p или t) дѣйствуетъ по длинѣ кости. Сумма слагаемыхъ, соответствующихъ p , будетъ передвигать нижнюю кость слѣва направо, а слагаемая t —верхнюю кость въ обратную сторону. Другими словами, при укороченіи волоконъ нашей мышцы, параллелограмъ $abcd$ будетъ постепенно превращаться въ прямоугольникъ,

и если направленіе волоконъ по отношенію къ костямъ k и k' очень косое, то можетъ случиться, что сокращеніе мышцы не только не сблизитъ костей, но даже удалитъ ихъ другъ отъ друга, потому что чѣмъ косѣе направленіе волоконъ, тѣмъ меньше сближающая кости вертикальная

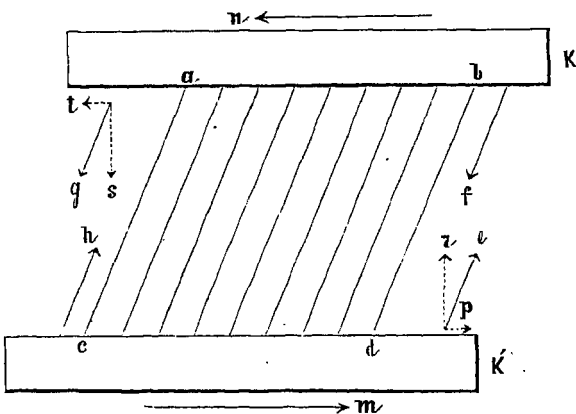


Рис. 14.

слагаемая сравнительно съ горизонтальною. Явленія въ сущности не измѣняются и при условіи, если подвижна лишь одна изъ костей: и теперь эффектъ тяги въ отношеніи подвижной кости будетъ двойной.

Итакъ, эффектъ сокращенія ромбоидальной мышцы переходитъ въ работу передвиженія грузовъ полностью лишь при условіи подвижности передвигаемой кости въ двухъ взаимно перпендикулярныхъ направленіяхъ. Таковъ, напр., случай дѣйствія ромбоидальной мышцы лопатки, которая притягиваетъ эту кость къ серединѣ спины и вмѣстѣ съ тѣмъ поднимаетъ ее вверхъ.

Теперь представимъ себѣ случай, что при неподвижномъ

укрѣпленіи верхней кости k и подвижности нижней k' волокна прикрѣпленныхъ къ нимъ двухъ мышцъ одинаково наклонены къ обѣимъ костямъ, по въ двухъ противоположныхъ направ-
леніяхъ, какъ бородки пера относительно его стержня. Тогда, при сокращеніи обѣихъ мышцъ, нижняя кость не будетъ перемѣщаться ни вправо, ни влѣво, а толь-
ко прямо вверхъ по пря-
мой p , потому что гори-
зонтальныя слагаемыя m
и n обѣихъ тягъ, какъ
равныя по величинѣ и
обратно направленныя,
уравновѣшиваютъ другъ
друга. Здѣсь эффектъ тягъ
переходитъ въ работу пе-
ремѣщенія нижней кости, очевидно, съ потерей и тѣмъ съ
большею, чѣмъ наклонѣе къ k' расположены волокна мышцъ.

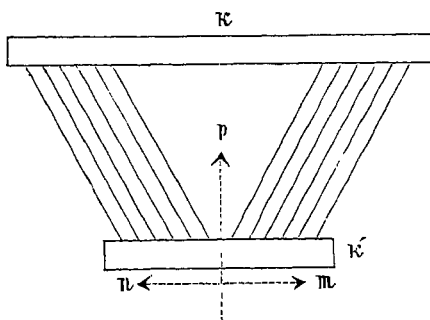


Рис. 15.

По этому типу устроены, какъ увидимъ, чрезвычайно многія
мышцы въ тѣлѣ человѣка, и между ними самый любопытный
примѣръ представляютъ такъ назыв. перистыя мышцы, имѣю-
щія видъ длинныхъ, сравнительно тонкихъ призматическихъ
пучковъ.

Въ мышцахъ этого рода волокна расположены, какъ лучи
въ бородкѣ пера, и натянуты не между костями, а между не-
растяжимыми сухожильными тяжами op , mq и nr , болѣе или
менѣе скрытыми въ толщѣ мышцъ. На приложенной схемѣ
(рис. 16) среднее сухожилие (стержень пера) не доведено до
кости k , а боковыя связаны съ ней, и середина мышцы оста-
влена не заполненной волокнами, чтобы показать, насколько
такая мышца укорачивается. Сокращаясь, она производитъ
лишь поднятіе груза P вверхъ, притомъ на очень незначи-
тельную высоту. Такъ, если волокна мышцы по всей ея длинѣ
переходятъ при сокращеніи (см. середину рисунка) изъ поло-
женія, обозначеннаго сплошной линіей, въ положеніе, обозна-
ченное пунктиромъ, то величина укороченій будетъ равна ab .
Но за то подъемная сила мышцы будетъ огромная вслѣдствіе

очень большой величины ея поперечнаго разрёза. Если бы, напри-
м., наша мышца имѣ-
ла въ направленіи пер-
пендикулярномъ къ плос-
кости бумаги размѣръ u ,
то площадь ея поперечна-
го разрёза была бы равна
 $u \times 2np$, и мышца соотвѣт-
ствовала бы прямоуголь-
ному параллелепипеду съ
сказаннымъ большимъ ос-
нованіемъ и очень малень-
кой высотой ab .

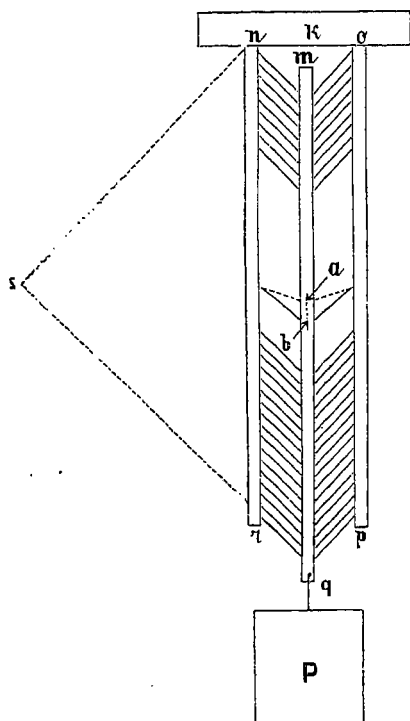


Рис. 16.

Такимъ образомъ въ пе-
ристыхъ мышцахъ описан-
наго типа сочетаны: форма
жгута и огромная подъем-
ная сила съ очень незна-
чительной величиной уко-
роченія. Правда, подъем-
ныя силы такихъ мышцъ
переходятъ въ работу съ
потерей, но онѣ незамѣ-
нимы въ тѣхъ мѣстахъ тѣ-
ла, гдѣ требуются сильныя

тяги при малой толщинѣ тяжа.

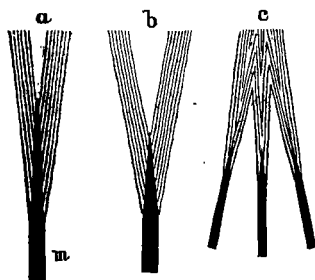


Рис. 17.

въ схематическомъ рис. 17 соотвѣтствуетъ, напри-
м., мѣсту

По тому же въ сущности типу
устроены всѣ вообще толстыя мышцы
въ мѣстахъ перехода ихъ волоконъ
въ сравнительно тонкія сухія жилы.
Въ этихъ мѣстахъ послѣднія вѣд-
ряются въ толщу мышцъ, и мышеч-
ныя волокна рождаются именно изъ этой
скрытой части сухожилія, отъ всей
его поверхности. Отъ величины и
формы послѣдней зависитъ толщина
и общая фигура мышцы. Фигура a

перехода икрной мышцы лягушки въ Ахиллесову жилу *m*; фиг. *b* изображаетъ вообще двуглавую мышцу, а *c*—треххвостную. Важно замѣтить, что хотя во всѣхъ такихъ мышцахъ волокна прикрѣпляются къ сухожилію на тотъ же ладъ, какъ волокна перистыхъ мышцъ къ центральному стержню, но здѣсь они отходятъ отъ сухожилія подъ несравненно болѣе острыми углами, и волокна имѣютъ обыкновенно значительную длину. Вслѣдствіе перваго обстоятельства сократительныя силы мышцы переходятъ въ работу поднятія грузовъ почти безъ потери, а благодаря второму — укороченіе мышцы можетъ быть значительнымъ.

Значить, въ такихъ мышцахъ сочетаются: сравнительно большая подъемная сила, переходъ ея въ работу съ малой потерей и сравнительно большое укороченіе. По этому типу устроены едва ли не всѣ сгибатели и разгибатели рукъ и ногъ и система разгибателей спины.

Если накладывать другъ на друга вершинами a_1 a_2 a_3 ... пласти a_1 b_1 , a_2 b_2 ..., то получаются такъ назыв. треугольные

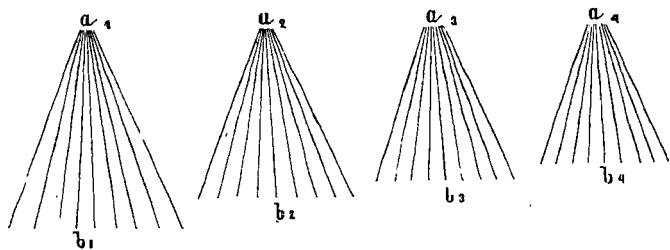


Рис. 18.

или пирамидальныя мышцы съ вѣрообразно расходящимися въ пластахъ волокнами, прикрѣпляющіяся широкимъ концомъ къ большимъ костнымъ поверхностямъ, а узкимъ—переходяція въ толстое сухожиліе. Такую форму имѣютъ, наприм., обѣ грудныя мышцы—большая и малая, височная и пр. Возможно, впрочемъ, что на нѣкоторыхъ изъ мышцъ этого вида (напр., дельтовидныя и большія сѣдалищныя) повторяется перистое расположеніе волоконъ, т.-е. мышца состоитъ въ сущности изъ ряда вѣрообразно расходящихся перистыхъ пучковъ. Но каково

бы ни было устройство пирамидальной мышцы, во всякомъ случаѣ тяги составляющихъ ее мышечныхъ волоконъ или пучковъ должны лежать въ отдѣльныхъ пластахъ по радіусамъ круга, описаннаго изъ точки схождения всѣхъ волоконъ, и равнодѣйствующая всѣхъ тягъ должна лежать въ прямой, дѣлящей уголъ схождения волоконъ пополамъ. Если бы при этомъ кривая ab (рис. 19), соотвѣтствующая дугѣ круга, описаннаго изъ o радіусомъ oa , была мѣстомъ прикрѣпленія мышечныхъ волоконъ тре-

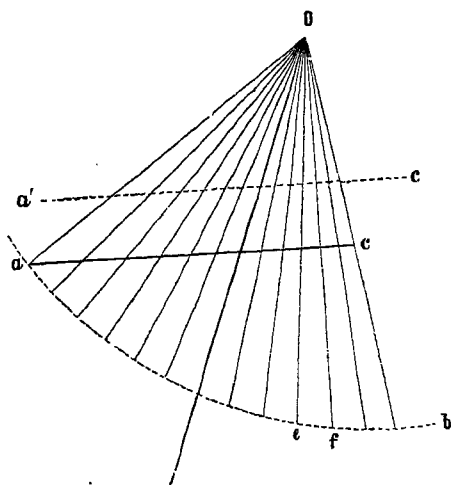


Рис. 19.

угольной мышцы къ тѣлу подвижному, напр., въ плоскости бумаги, то подъемныя силы ея работали бы полностью при подтягиваніи груза къ точкѣ o , дѣйствуя по радіусамъ круга. Но предположимъ, что мѣстомъ прикрѣпленія волоконъ къ подвижному тѣлу служить прямая ac . Тогда (вслѣдствіе укороченія мышечныхъ волоконъ на одну и ту же долю своей длины) послѣдняя перемѣстится при сокращеніи мышцы въ $a'c'$, и изъ всѣхъ част-

ныхъ тягъ одна лишь промежуточная между oe и of , перпендикулярная къ ac , перейдетъ въ работу передвиженія груза полностью; всѣ же остальные—тѣмъ съ большей убылью, чѣмъ онѣ наклоннѣе къ ab . Отсюда уже само собою слѣдуетъ, что потери въ дѣйствіи тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше въ треугольной мышцѣ уголъ aob и чѣмъ больше уклоняется линія прикрѣпленія широкаго конца ея отъ дуги круга, описаннаго изъ точки схождения волоконъ. Съ другой стороны, потери будутъ менѣе значительны, если точки прикрѣпленія равнодѣйствующихъ на широкомъ концѣ мышцы не будутъ связаны въ неподвижное цѣлое, какъ въ нашемъ примѣрѣ, а прикрѣпляются, на примѣръ, не къ одной, а къ нѣсколькимъ костямъ, а также при условіи, если мышца

можетъ сокращаться не всѣми своими волокнами разомъ, а отдѣльными порціями. Первое изъ этихъ условій осуществлено на треугольныхъ мышцахъ, прикрѣпленныхъ широкими концами къ нѣсколькимъ ребрамъ (каковы, наприм., обѣ грудныя мышцы, *mm. serrati*), а примѣромъ второго случая можетъ служить *m. serrularis* (рис. 20). По направленію составляющихъ его волоконъ равнодѣйствующая всей мышцы будетъ притягивать съ большою потерей силы лопатку къ серединѣ спины, а верхняя и нижняя порція, дѣйствуя въ отдѣльности, будутъ поднимать и опускать ее съ значительно меньшими потерями силы.

Вообще же эту форму мышцъ можно разсматривать какъ бы вынужденной потребностью въ сильныхъ тяжахъ между конечностями и туловищемъ. Ложась своимъ широкимъ распластаннымъ концомъ на туловище сравнительно тонкимъ слоемъ, такія мышцы не нарушаютъ правильности контуровъ послѣдняго и не обременяютъ его излишней тяжестью. Съ другой стороны, будучи выстроены обыкновенно изъ длинныхъ волоконъ и прикрѣпляясь къ конечности суженнымъ концомъ вблизи оси ея вращенія, такія мышцы своимъ пассивнымъ натяженіемъ (т.-е. при активномъ сокращеніи антагонистовъ) мало препятствуютъ даже очень обширнымъ перемѣщеніямъ конечностей. По расположенію волоконъ онѣ работаютъ съ значительными потерями силы; но этотъ уронъ покрывается тѣмъ, что онѣ сильны, и только что перечисленными выгодами. Таковы условія, представляемые, напр., двигателями плечевой кости описаннаго типа—большой грудной мышцей, широкой спинной и дельтовидной.

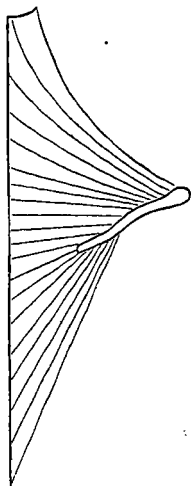


Рис. 20.

Быстрота мышечныхъ движеній. Когда человѣкъ ударами тяжелаго молота имѣетъ побѣждать большія сопротивленія, онъ старается сообщить движеніямъ своихъ рукъ наибольшую скорость, не заботясь о частотѣ слѣдованія ударовъ другъ за другомъ: здѣсь цѣль работы достигается хотя бы рѣдкими, но сильными ударами съ возможно большимъ взмахомъ рукъ. Въ

работахъ же, совершающихся при помощи періодически повторяющихся сокращеній мышцъ (каковы, напр., распиливаніе дерева, верченіе колеса и т. п.), важна не столько скорость, сколько продолжительность отдѣльныхъ сокращеній, потому что отъ нея зависитъ темпъ періодическихъ движеній.—Здѣсь для эффекта работы можетъ быть выгодно, при неизмѣнной скорости движеній, учащеніе размаховъ на счетъ ихъ величины. Однако, идетъ ли дѣло о скорости или продолжительности движеній, и въ томъ и въ другомъ случаѣ въ явленіе замѣшаны прямо скорость и продолжительность мышечнаго сокращенія.

Изъ результатовъ опытовъ графическаго измѣренія обѣихъ величинъ на мышцахъ животныхъ для насъ (т.-е. въ отношеніи къ соотвѣтствующимъ величинамъ на мышцахъ человѣка) важны лишь слѣдующіе факты:

- 1) не всѣ мышцы одного и того же животнаго обладаютъ одинаковою скоростью укороченія;
- 2) укороченіе мышцъ при искусственномъ раздраженіи происходитъ не съ равномерною скоростью: въ первую половину оно идетъ ускоряясь, а во вторую замедляясь;
- 3) на лягушкѣ наибольшая валовая скорость укороченія при раздраженіи одиночнымъ индукціоннымъ ударомъ не превышаетъ 20 см. въ 1";
- 4) такое сокращеніе длится $\frac{1}{20}$ ";
- 5) тетаническое сокращеніе отъ 2—3 ударовъ, слѣдующихъ другъ за другомъ съ частотою въ $\frac{1}{20}$ ", длится нѣсколько долѣе, но зато увеличивается и самое укороченіе; значить, скорость сокращенія остается почти неизмѣнной.

Наибольшая быстрота произвольнаго мышечнаго сокращенія на человѣкѣ наблюдалась *Ландуа* при помощи графическаго способа *Гензена*. Къ ножкѣ камертона, въ плоскости его колебаній, прикрѣплялась накопченная легкая пластинка; камертонъ приводился въ движеніе, и въ то время, какъ онъ звучалъ, рука экспериментатора проводила перомъ на пластинкѣ возможно быстро короткія прямыя линіи (*Ландуа* писалъ нѣмецкую букву n). На пластинкѣ получались вмѣсто прямыхъ линій зубчатая, и число зубчиковъ соотвѣтствовало числу колебаній ножки въ теченіе времени писанія прямой линіи. Такимъ образомъ онъ нашелъ, что на проведеніе рукою прямой

въ нѣсколько миллиметровъ требуется всего около $\frac{1}{20}$ ", т.-е. получилъ число, соотвѣтствующее продолжительности наиболѣе быстрого укороченія лягушечьей мышцы, но при значительно меньшей длинѣ пройденнаго пространства, потому что прямая линія написана на пластинкѣ камертона не прямо укорачивающейся мышцей, а концомъ рычага, приведеннаго мышцей въ движеніе. Значить, и по этому опыту выходитъ, что наибольшая скорость укороченія человѣческой мышцы все-таки значительно меньше соотвѣтственной величины лягушечьей мышцы. Я дѣлалъ наблюденія надъ скоростью и продолжительностью движеній пальцевъ своей правой руки иначе, именно, выстукивая по столу тремя пальцами (отъ 4-го къ указательному) какъ можно быстрѣ трель въ теченіе нѣсколькихъ секундъ. Трели эти можно производить безъ усталы въ продолженіе 10", и при томъ съ равными для слуха промежутками времени между ударами; поэтому можно безошибочно опредѣлить число ударовъ. Я выстукиваю тремя пальцами 90 ударовъ въ 10"; слѣдовательно, на періодъ cadaго пальца приходится $\frac{1}{3}$ ". Но въ теченіе этого періода каждый палецъ долженъ разъ согнуться и разъ разогнуться; оба движенія слѣдуютъ другъ за другомъ безъ ощутимаго промежутка времени, и по продолжительности ихъ можно считать равными другъ другу. Слѣдовательно, на сгибаніе и разгибаніе cadaго пальца приходится по $\frac{1}{6}$ ", а промежутки между ударами длятся $\frac{1}{9}$ ". При этомъ конецъ cadaго пальца описываетъ путь никакъ не болѣе какъ въ 3—4 мм., слѣдовательно, сгибатели и разгибатели пальцевъ укорачиваются никакъ не болѣе чѣмъ на 1 мм., потому что рычагъ согнутаго дугою пальца приблизительно въ 4 раза длиннѣ плеча тяги. Крайне любопытно то обстоятельство, что быстрая трель отъ 4-го пальца ко 2-му дѣлается едва ли не всѣми людьми гораздо легче и быстрѣ, чѣмъ въ обратномъ направленіи. Не менѣе любопытно слѣдующее явленіе, замѣченное мною на мнѣ самомъ: при возможно быстромъ чередованіи сгибаній и разгибаній руки въ локтѣ, ноги въ колѣпѣ (и тазобедренномъ суставѣ?) и перемѣщеній плеча (brachii) спереди назадъ и обратно, темпъ движеній остается во всѣхъ трехъ случаяхъ одинаковымъ: въ 10" получается 27 движеній въ одну сторону и 27 въ другую. Значить, на ма-

маленькое перемѣщеніе такого маленькаго члена, какъ палець, требуется $\frac{1}{6}$ " и почти столько же, $\frac{10}{54}$ ", на значительно большее перемѣщеніе такихъ грузныхъ членовъ, какъ предплечіе или голень и вся рука. Именно, при сгибаніяхъ и разгибаніяхъ руки въ локтѣ конецъ ея дѣлаетъ размахи приблизительно въ 12 см., а рычагъ здѣсь длиннѣе плеча тяги разъ въ 6, слѣдовательно, сгибатель и разгибатель руки въ локтѣ укорачиваются по меньшей мѣрѣ на 2 см. Если же рядомъ съ этимъ пробовать быстроту чередованія приведеній и отведеній руки и ноги, то она оказывается уже сравнительно очень медленной. Еще медленнѣе темпъ перемѣщеній туловища изъ стороны въ сторону. Объяснять такую разницу одной только разницей въ величинѣ мышцъ или разнициами въ грузности передвигаемыхъ частей нельзя.—причина лежитъ всего скорѣе въ томъ, что не всѣ мышцы обладаютъ одинаковою быстротою сокращенія, или въ томъ, что не всѣ одинаково упражнены на быстрыя движенія. Въ пользу перваго толкованія можно привести слѣдующій рядъ фактовъ. Уже на лягушкѣ, гдѣ службы мышцъ тѣлу дифференцированы далеко не такъ широко и тонко, какъ у человѣка, бросается въ глаза рѣзкая разница между подвижностью переднихъ и заднихъ конечностей. Да и въ послѣднихъ (по *Грютцнеру*) сгибатели сокращаются быстрѣе разгибателей; а у черепахи съ классически-медленными движеніями конечностей, мускулы, втягивающіе голову подъ крышку, сокращаются съ величайшей быстротой. Наконецъ, существованіе медленно сокращающихся красныхъ мышцъ рядомъ съ быстро укорачивающимися бѣлыми у одного и того же животнаго говоритъ прямо, что не отъ всѣхъ двигателей костнаго скелета требуется одинаковая быстрота дѣйствія. Что же касается до вліянія упражненій на быстроту движеній, то достаточно сравнить между собою подвижность ручныхъ пальцевъ у піаниста и чернорабочаго, чтобы убѣдиться въ его дѣйствительности. Къ сожалѣнію, эта область явленій остается еще не разработанной, несмотря на то, что движенія членовъ нашего тѣла допускаютъ прямыя измѣренія и со стороны скорости и со стороны продолжительности. Все, что можно сказать въ этомъ отношеніи вообще, заключается въ слѣдующемъ: какъ бы мало ни было по длинѣ пути рабочее дви-

женіе рукъ, ногъ и туловища, оно всегда длится крупная доли секунды.

Упругость мышцъ. Помимо размѣровъ и формы мышцъ, на эффектъ мышечной тяги оказываетъ вліяніе упругость мышечнаго вещества. Опытными изслѣдованіями здѣсь выяснены три вопроса: вліяніе растяжимости мышцы на величину передвиженія грузовъ; вліяніе натяженія мышцъ на ту же величину, предшествующее ея укороченію, и вліяніе натяженія во время самаго сокращенія.

Чтобы отвѣтить на первый изъ этихъ вопросовъ, возьмемъ двѣ отвѣсно укрѣпленныя мышцы *A* и *B* (рис. 21) одинаковыхъ размѣровъ и отяготимъ ихъ равными грузами *p* и *p'*, опирающимися на подставку *C*; но нити, которыми мышцы связаны съ грузами, возьмемъ различныя, именно, пусть нить *a* будетъ проволоочная, слѣдовательно мало растяжимая, а нить *b* — каучуковый шнурокъ. Положимъ далѣе, что обѣ мышцы возбуждаются черезъ нервы одинаково сильно и укорачиваются на одинаковую длину. Спрашивается, будутъ ли между собою равны и высоты поднятія грузовъ. Очевидно нѣтъ, потому что тяга мышцы *A* передается грузу безъ потери, а мышца *B*, при

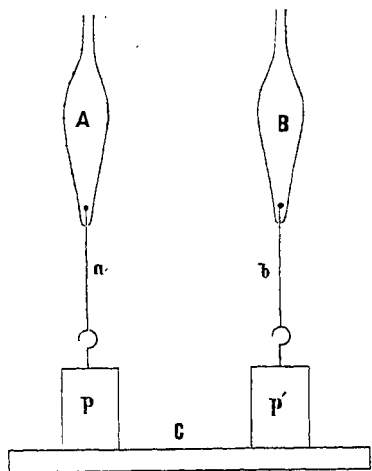


Рис. 21.

своемъ укороченіи, должна сначала растянуть нить *b* до натяженія, соответствующаго грузу *p'*, т.-е. удлинить шнурокъ *b* на нѣкоторую величину, и уже затѣмъ поднимать грузъ. Стало-быть, послѣдній поднимается мышцей *B* настолько ниже чѣмъ грузъ *p*, насколько *b* удлинилась грузомъ *p'*. То самое, что дѣлаетъ растяжимость шнурка *b*, дѣлаетъ и растяжимость мышцы. Поднимая грузъ, она не только укорачивается, но вмѣстѣ съ тѣмъ растягивается, т.-е. удлиняется поднимаемымъ грузомъ. Стало-быть, это удлиненіе вычитается изъ высоты

поднятія. Растяжимость приносить, слѣдовательно, работѣ нѣкоторый уронъ, и, конечно, тѣмъ большій, чѣмъ тяжелѣе грузъ.

Но, кромѣ того, въ рабочемъ элементѣ эффектъ сокращенія данной мышцы уменьшается еще эластическимъ противодѣйствіемъ растягивающагося вмѣстѣ съ этимъ антагониста. При этомъ нѣкоторая часть подъемной силы сокращающейся мышцы идетъ на его растяженіе, и, конечно, тѣмъ большая, чѣмъ больше его удлиненіе. Въ виду этого обстоятельства изъ двухъ способовъ прикрѣпленія тягъ къ рычагамъ, съ мѣньшимъ и болѣшимъ удаленіемъ ихъ отъ оси вращенія, первый оказывается, очевидно, болѣе выгоднымъ. Въ этомъ случаѣ сокращеніе тяжелой сопровождается мѣньшимъ растяженіемъ антагониста; слѣдовательно, изъ подъемной силы, передвигающей рычагъ, вычитается мѣньшій процентъ на это растяженіе. Это именно и имѣлось въ виду, когда говорилось выше (стр. 20) о выгодахъ и невыгодахъ расположенія тягъ въ конечностяхъ.

Итакъ, растяжимость мышечныхъ тяжей несомнѣнно причиняетъ нѣкоторый уронъ ихъ дѣйствию; но невыгода эта съ лихвой вознаграждается слѣдующей услугой, которую она оказываетъ тѣлу. Благодаря упругости мышцъ, движенія наши получаютъ плавный, рессорный характеръ: при быстротѣ укороченія мышцъ, тяги ихъ безъ этого условія имѣли бы отрывистый, рвущій характеръ; при ходбѣ ставленіе ногъ на землю сопровождалось бы толчками. Словомъ, растяжимость мышцъ дѣйствуетъ какъ рессора въ экипажахъ, умѣряющая толчки.

Грузъ, растягивая мышцу, не только удлинняетъ ее, но и измѣняетъ ея физическое состояніе, выражаемое словомъ «натяженіе». Въ упругомъ тѣлѣ развиваются при этомъ эластическія силы, дающія себя знать тотчасъ же возвращеніемъ его въ первоначальное состояніе, какъ только натяженіе прекращается. Въ сложныхъ рабочихъ движеніяхъ очень часто работаютъ попеременно другъ за другомъ мышцы антагонисты. Во всѣхъ такихъ случаяхъ сокращенію всякой мышцы предшествуетъ извѣстное натяженіе ея, вызванное предшествующей дѣятельностью антагониста. Поэтому и возникаетъ вопросъ, не дѣйствуетъ ли на рабочий эффектъ мышцы натяженіе, предшествующее ея сокращенію.

Съ цѣлью рѣшенія его, возьмемъ двѣ одноименныя (икряныя)

мышцы лягушки (рис. 22) и, нагрузивъ одну изъ нихъ (*A*) 20-ю грм., а другую 50-ю, дадимъ обѣмъ растянуться и затѣмъ обѣ подопремъ неподвижными подставками *p* и *p'*. Послѣ этого, не отнимая подставки *p*, добавимъ грузъ мышцы *A* также до 50 грм. Понятно, что она останется растянутой по прежнему 20-ю грм., а *B*—пятьюдесятью. Когда же онѣ подъ вліяніемъ раздраженія нервовъ одинаковой силы будутъ сокращаться, то поднимать обѣмъ придется одинаковый грузъ. Другими словами, мышцы будутъ отличаться другъ отъ друга только начальнымъ натяженіемъ, предшествующимъ акту укороченія, съ вытекающею отсюда слѣдующей дальнѣйшей разницей. Такъ какъ подъемныя силы въ мышцахъ развиваются не мгновенно, а съ нѣкоторой постепенностью, начиная отъ нуля, слѣдовательно, въ мышцѣ *B* развитіе ихъ до высоты, превышающей противодействие груза, идетъ все время подъ натяженіемъ въ 50 граммъ, а въ мышцѣ *A*—подъ натяженіемъ въ 20 граммъ. Если бы такая разница въ условіяхъ дѣйствія не вліяла на развитіе подъемныхъ силъ по величинѣ, то при совершенно одинаковомъ возбужденіи обѣихъ мышцъ (перерывистыми индукціонными токами одинаковой частоты и силы) онѣ должны были бы укоротиться на одинаковую длину. Опытъ же показываетъ, что мышца *B* укорачивается на нѣсколько большую, если грузъ (для лягушечьей икрной мышцы!) не превышаетъ [по опытамъ *Фика*] 70 грм.

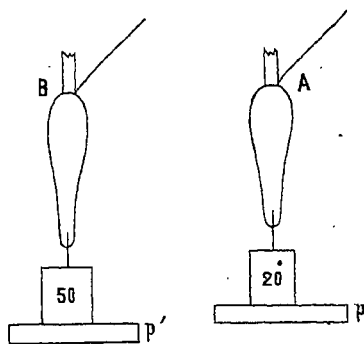


Рис. 22.

Явленія имѣютъ такой видъ, какъ будто эластическія силы, развившіяся въ мышцахъ при ихъ натяженіяхъ, различныя по величинѣ, прикладываются къ равнымъ по величинѣ (вслѣдствіе одинаковости возбужденія!) сократительнымъ силамъ обѣихъ мышцъ, подобно тому, какъ укороченіе каучуковаго шнурка бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе онъ былъ растянутъ передъ укороченіемъ. Но это объясненіе сюда не приложимо: въ

мышцѣ *B*, грузъ, произведшій натяженіе, остался висѣть на мышцѣ и во время ея укороченія. Дѣло другого рода, если бы въ моментъ сокращенія грузъ сталъ меньше. Объясняется явленіе тѣмъ, что натяженіе мышцы въ то время, какъ въ ней развиваются подъемныя силы, способствуетъ усиленному развитію ихъ. Это доказывается прямыми опытами (*Грютинера*) измѣренія подъемной силы мышцы при различныхъ начальныхъ натяженіяхъ.

Съ этой цѣлью отпрепарованная съ нервомъ и кускомъ бедренной кости икрная мышца лягушки (рис. 23) связывается

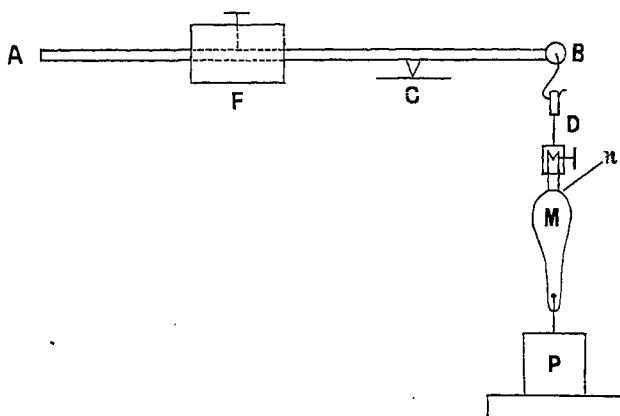


Рис. 23.

верхнимъ концомъ, при посредствѣ зажима и нерастяжимой нити *D*, съ концомъ двуплечнаго рычага *AB*, вращающагося около точки *C*; а нижнимъ концомъ—съ чашкой, въ которую накладываются гири и которая лежитъ на подставкѣ. По заднему плечу рычага ходитъ подвижный грузъ *F*, сообщающій мышцѣ различныя степени натяженія передъ ея сокращеніемъ съ перва. Сначала мышцу отягощаютъ грузомъ приблизительно ожидаемой величины, но такъ, чтобы онъ не растягивалъ ее, съ каковою цѣлью грузъ *P* подпертъ. Затѣмъ мышца растягивается грузомъ *F* болѣе или менѣе сильно, конецъ рычага *A* укрѣпляется неподвижно и мышцу заставляютъ сокращаться, дѣйствуя на ея нервъ перерывистыми индукціонными токами. По-

ложимъ, что при положеніи груза F на рычагѣ, изображенномъ на рисункѣ, найдено было, что грузъ P въ 500 грм. едва-едва поднимался мышцей. Тогда мышца растягивалась сильнѣе передвиженіемъ груза F къ A , нервъ раздражался по-прежнему, и теперь мышца поднимала бóльшій грузъ.

Въ этомъ фактѣ заключается драгоцѣнное свойство нашего двигателя *приспособлять свои силы къ величинѣ преодолеваемыхъ сопротивленій*.

Хотя *Грютицеръ* и *Гейденгайнъ* (нашедшій этотъ фактъ раньше *Грютицера*, но на иной ладъ) установили его для мышцы лягушки, но онъ справедливъ и для мышцъ теплокровныхъ. На этихъ животныхъ строго доказано, что при нормальныхъ условіяхъ кровообращенія сердце работаетъ далеко не всѣми своими мышечными силами; но стоитъ только усилить значительно препятствія къ выталкиванію изъ него крови,—и желудочки тотчасъ же начинаютъ работать усиленнымъ образомъ; толчкомъ же къ такому усиленію служитъ переполненіе сердца кровью изъ венъ, влекущее за собою усиленное натяженіе стѣнокъ желудочковъ.

Другой примѣръ, превосходно разобранный *Фикомъ*, касательно работы ножныхъ мышцъ при восхожденіи человѣка на лѣстницу или крутую гору, превосходно иллюстрируетъ пользу, оказываемую работѣ мышцъ предшествующимъ ихъ сокращенію натяженіемъ. Приведу этотъ примѣръ.

Чѣмъ круче гора или лѣстница, тѣмъ сильнѣе должна быть укорочена нога, стоящая въ данную минуту спереди, потому что подошва задней ноги стоитъ тогда тѣмъ ниже. Поэтому передняя нога ставится сильно согнутой въ тазобедренномъ, колѣнномъ и голенно-стопномъ сочлененіяхъ; послѣ чего, вмѣстѣ съ наклопеніемъ туловища впередъ, она должна выпрямиться во всѣхъ сочлененіяхъ, представляя постепенный переходъ отъ положенія A черезъ B къ C , какъ показано на приложенномъ рисункѣ 24. При этомъ главная работа приходится не на заднюю ногу, какъ при ходьбѣ по ровному мѣсту, а на переднюю, и именно на разгибаніе ея во всѣхъ сочлененіяхъ, потому что при поднятіи на гору полезная работа, по самому смыслу дѣла, должна заключаться въ подниманіи центра тяжести тѣла на высоту горы, что и совершается при каждомъ

шагѣ выпрямленіемъ передней ноги, переходомъ ея изъ укороченнаго въ удлиненное положеніе. Понятно далѣе, что работать должны всего сильнѣе разгибатели тѣхъ сочлененій, въ которыхъ нога наиболѣе согнута, т.-е. разгибатели голени (*extensor cruris communis*) и разгибатели стопы (*soleus—gastrocnemius*). На дѣйствіи этихъ мышцъ мы и остановимся, начиная съ колѣна.

Здѣсь работаетъ, какъ сказано, общій разгибатель голени,

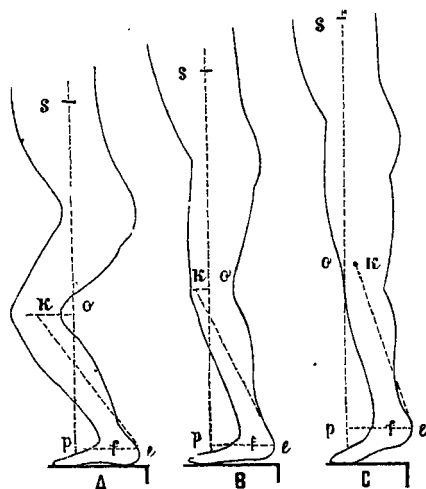


Рис. 24.

и началу его дѣйствія предшествуетъ очень сильное натяженіе этой мышцы грузомъ всего тѣла, давящимъ на ногу сверху внизъ по отвѣсу *sp* (проведенному черезъ центръ тяжести тѣла) и стремящимся согнуть ногу въ колѣнѣ. Кромѣ того, изъ рисунка непосредственно видно, что разгибателю приходится работать всего сильнѣе при начальномъ положеніи ноги, въ *A*, потому что плечо дѣйствія груза, *ko* (перпендикуляръ отъ оси вращенія на отвѣсъ *sp*), здѣсь всего длиннѣе; съ вы-

прямленіемъ же ноги оно постепенно уменьшается (отъ *B* къ *C* оно переходитъ черезъ нуль въ отрицательную сторону, при чемъ грузъ стремится выгнуть ногу уже не впередъ, а назадъ), а плечо дѣйствія разгибателя остается почти неизмѣннымъ, такъ какъ тяга его на голень уподобляется дѣйствию тяги на грузъ посредствомъ шнурка, перекинутого черезъ блокъ. Стало-быть, натяженіе разгибателя падаетъ какъ разъ на то время, когда онъ больше всего нуждается въ помощи, — когда ему приходится преодолевать наибольшее сопротивленіе со стороны груза. Помимо этого, мы имѣемъ здѣсь случай, гдѣ мышца работаетъ съ разгрузкой, потому что плечо дѣйствія мышечной тяги во время сокращенія не измѣняется, а

плечо дѣйствія груза уменьшается. Стало-быть, работа совершается при болѣе и болѣе благоприятныхъ условіяхъ.

Посмотримъ далѣе, что дѣлается въ голенно-стопномъ суставѣ. При исходномъ положеніи ноги (*A*) грузъ тѣла стремится согнуть ногу и въ этомъ сочлененіи, т.-е. сдѣлать болѣе острымъ уголъ *pek*. Плечомъ груза будетъ здѣсь линія *pf* — перпендикуляръ на *sp* изъ точки вращенія *f* (оси вращенія *astragali* между мыщелками голени) двуплечнаго рычага *pfe*, на задній конецъ котораго (*e*) дѣйствуетъ тяга подъякрной мышцы, изображенная линіей *ek*. Эффектъ ея тяги заключается въ поднятіи вверхъ пятки и вмѣстѣ съ нею точки вращенія *f*; но такъ какъ въ тоже время работой разгибателя голени нога выпрямляется въ колѣнѣ и верхній конецъ голени подается назадъ, то одновременно съ поднятіемъ пятки происходитъ: увеличеніе угла *pek* (см. рис. 24), укороченіе плеча груза *pf* и удлиненіе плеча тяги *fe*. Значить, работѣ сокращающейся подъякрной мышцы благоприятствуютъ обѣ перемѣны въ условіяхъ дѣйствія ея факторовъ. Но вмѣстѣ съ нею работаетъ не менѣе сильная икрная мышца (*m. gastrocnemius*), и она, конечно, должна помогать ей и разгибательно ноги въ колѣнѣ поднимать грузъ тѣла вверхъ, а между тѣмъ тяга ея расположена такимъ образомъ, что она можетъ мѣшать работѣ разгибателя въ колѣнѣ. Мышца эта, перекидываясь черезъ два сочлененія, голенно-стопное и колѣнное, можетъ производить, какъ извѣстно, два эффекта: при неподвижномъ бедрѣ, она можетъ подтягивать (какъ подъякрная) пятку вверхъ, а при неподвижности послѣдней — сгибать ногу въ колѣнѣ, пригибать бедро къ голени и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше согнута нога въ колѣнѣ, потому что при этомъ плечо ея дѣйствія увеличивается. Значить, когда передняя нога восходящаго на гору человѣка только что поставлена всей подошвой на землю и начинаютъ одновременно работать разгибатель ноги въ колѣнѣ и *gastrocnemius*, то они будутъ мѣшать другъ другу; но тутъ на выручку являются два обстоятельства: одновременное съ ними сокращеніе подъякрной мышцы, дѣлающее пятку свободной, и болѣе сильная разгибатель колѣна въ сравненіи съ силой его противника, ведущая къ тому, что верхній, т.-е. бедренный конецъ икрной мышцы, податься

внизъ при ея сокращеніи не можетъ. Обоими этими вліяніями производится то, что верхній конецъ икрѣной мышцы въ самомъ началѣ ея дѣйствія укрѣпляется, такъ сказать, неподвижно въ пространствѣ, а нижній конецъ (пятка) становится подвижнымъ. Но когда мышца сокращается, то тяга ея всегда дѣйствуетъ въ направленіи отъ неподвижной точки къ подвижной. Стало-быть,

активное укороченіе икрѣной мышцы будетъ происходить сверху внизъ, а не наоборотъ, т.-е. она станетъ подтягивать пятку вверхъ, не пригибая бедра внизъ. Такимъ образомъ, обоими условіями компенсируется уронъ эффекту, причиняемый въ первые моменты дѣйствія сокращеніемъ *gastrocnemii*.

По совершенно вѣрному предположенію *Фика*, условія для дѣйствія всѣхъ трехъ мышцъ были бы еще благопріятнѣе, если бы начало сокращенія *gastrocnemii* нѣсколько

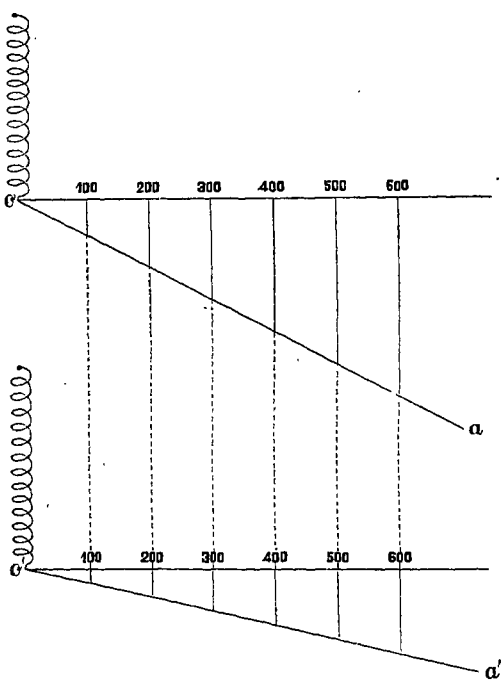


Рис. 25.

запаздывало противъ начала сокращенія разгибателя голени и подъикрѣной мышцы, потому что тогда ко всему прочему присоединилось бы уменьшеніе плеча тяги икрѣной мышцы на бедро и эластическое натяженіе икрѣной мышцы предшествовало бы началу развитія въ ней подъемныхъ силъ.

Теперь посмотримъ, какъ вліяетъ на эффектъ сокращенія мышцы натяженіе ея во время самаго укороченія.

Представимъ себѣ на минуту (рис. 25), что мышцы по упругости подобны стальнымъ пружинамъ, и именно мышца

въ состояніи покоя—болѣе сильной, а сокращенная—болѣе слабой, т.-е. сильнѣе растяжимой пружинѣ. Если ихъ отягощать постепенно возрастающими грузами равной величины, наприм., въ 100, 200, 300... грм., какъ показано на рисункѣ, то, на основаніи свойства пружинъ удлиняться пропорціонально растягивающимъ грузамъ, постепенное удлиненіе той и другой будетъ итти по наклоннымъ прямымъ, изъ которыхъ линія, соотвѣтствующая удлиненію болѣе растяжимой пружины, будетъ ниспадать круче. Поэтому, отягощая пружины все сильнѣе и сильнѣе, достигнемъ наконецъ пункта, въ которомъ обѣ наклонныя линіи oa и $o'a'$ пересѣкутся другъ съ другомъ.

Въ мышцѣ покоящейся и сокращенной удлиненіе тоже идетъ постепенно, но линіи постепеннаго растяженія имѣютъ другой видъ (рис. 26), потому что нарастаніе длинъ не про-

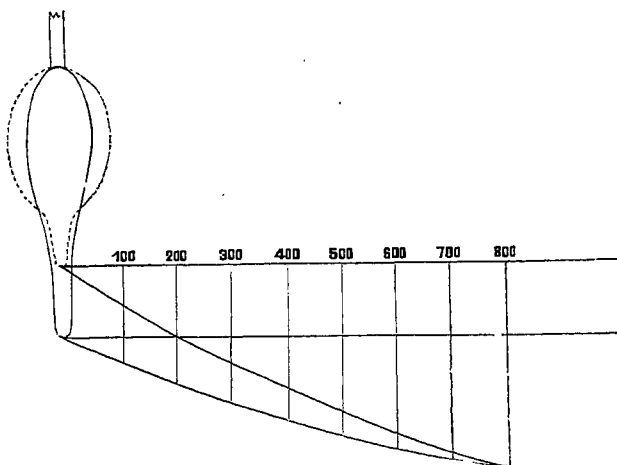


Рис. 26.

порціонально нарастанію растягивающихъ грузовъ какъ въ пружинахъ, а идетъ тѣмъ медленнѣе, чѣмъ сильнѣе растянута мышца. Поэтому линіи растяженія должны имѣть видъ кривыхъ, становящихся съ усиленіемъ отягощенія все плосче и плосче. Однако, и онѣ должны наконецъ пересѣчься, потому

что сокращенная мышца растягивается сильнее покоейшей, и точкой пересѣченія кривыхъ будетъ то мѣсто, гдѣ грузъ уже уравновѣшиваетъ сократительныя силы сокращенной мышцы. Тогда укороченіе ея уже невозможно—она пришла, такъ сказать, въ положеніе, соотвѣтствующее покою, а между тѣмъ на ней виситъ и растягиваетъ ее тотъ самый грузъ, который растянулъ покоейшую мышцу до точки *a*; понятно, что и бывшую сокращенной мышцу этотъ самый грузъ долженъ растянуть до *a*.

Выше было сказано, что при постепенномъ возрастаніи грузовъ мышцы постепенно же удлиняются; слѣдовательно, кривая растяженія сокращенной мышцы должна была бы падать круче не только вообще, но и въ каждомъ участкѣ по длинѣ, если бы, *при неизмѣнной величинѣ мышечной тяги*, грузъ только противодействовалъ ей. Но держать величину мышечной тяги на одной и той же высотѣ легко: стоитъ возбуждать мышцу въ сравниваемыхъ между собою случаяхъ одинаково сильно. Поэтому въ опытахъ подробнаго изученія хода кривыхъ растяженія мышцы покоейшей и сокращенной, т.-е. изученія этого хода по отдѣльнымъ участкамъ обѣихъ кривыхъ, берутъ одну и ту же мышцу и раздражаютъ ее черезъ нервъ токами одной и той же силы (дающими максимумъ укороченія) для каждаго отягощенія.

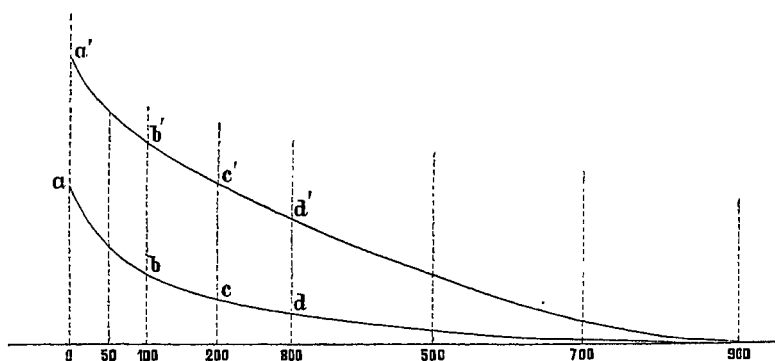


Рис. 27.

Такіе опыты на икрной мышцѣ лягушки дали *Фикку* кривыя, представленныя на рис. 27. Растяженіе покоейшей

мышцы начинается при нулевомъ отягощеніи отъ a , а растяженіе сокращенной—отъ a' ; слѣдовательно, aa' представляетъ величину поднятія нулевого груза, bb' — груза въ 100 гр., cc' —груза въ 200 грм. и т. д. Длины эти на рис. 27 увеличены въ $2\frac{1}{2}$ раза противъ дѣйствительной величины.

Опытъ показываетъ, что кривыя растяженія сливаются другъ съ другомъ при нагрузкѣ около 900 грм.; слѣдовательно, въ общемъ кривая сокращающейся мышцы ниспадаетъ круче; но въ первомъ участкѣ кривыхъ, между 0 и 100 грм. отягощенія, особенно же въ первой половинѣ этого участка, отъ 0 до 50 грм., замѣчается какъ разъ обратное—кривая сокращенной мышцы опускается менѣе круто, чѣмъ кривая покоящейся.

Явленія имѣютъ такой видъ, какъ будто сокращающаяся мышца противодѣйствуетъ растягивающему дѣйствию грузовъ вначалѣ очень рѣзко, а потомъ все слабѣе и слабѣе. Объяснять явленіе измѣненіемъ растяжимости въ мышцѣ при ея сокращеніи, конечно, нельзя; это значило бы, что при слабыхъ нагрузкахъ она менѣе растяжима, чѣмъ покоящаяся мышца, а при сильныхъ, наоборотъ, что нелѣпо. Сокращенная мышца должна быть и оставаться во всѣхъ участкахъ кривой болѣе растяжимой, чѣмъ покоящаяся. Значить, причина ея противодѣйствія грузамъ можетъ лежать лишь въ измѣнчивости сократительныхъ силъ, несмотря на постоянство возбужденія, и именно въ непрерывномъ возрастаніи ихъ отъ начала до конца кривой, но болѣе быстро вначалѣ, при слабыхъ отягощеніяхъ. Иное объясненіе невозможно. Но что же усиливаетъ тягу несмотря на постоянство возбужденія? Отвѣтъ заключается въ приведенномъ уже выше свойствѣ мышцы приспособлять свои силы къ величинѣ преодолеваемыхъ сопротивленій. — Тяга усиливается грузомъ.

Грузъ дѣйствуетъ, слѣдовательно, на мышцу одновременно въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ—растягиваетъ ее, какъ всякое упругое тѣло, и усиливаетъ въ то же время развитіе въ ней сократительныхъ силъ.

Кривая растяженія сокращенной мышцы возрастающими грузами даетъ поводъ еще къ другимъ практически важнымъ выводамъ.

По самому смыслу дѣла, кривая эта есть въ то же время кривая поднятія возрастающихъ грузовъ при неизмѣнной величинѣ возбужденія мышцы; стало-быть,

при неизмѣнной величинѣ возбужденія мышцы высоты поднятія нарастающихъ грузовъ постепенно убываютъ отъ наибольшей высоты поднятія, при нагрузкѣ близкой къ нулю, до нулевой — при грузѣ, уравнивающемъ подъемную силу мышцъ.

Отсюда уже прямо слѣдуетъ, что работа мышцы, какъ произведение изъ груза на высоту поднятія, будетъ равна нулю въ началѣ кривой, гдѣ грузъ равенъ нулю, и въ концѣ ея, гдѣ высота поднятія равна нулю. Но какъ измѣняется величина работы въ промежуткѣ между этими крайностями?

Измѣняться она должна постепенно отъ нуля въ началѣ къ нулю въ концѣ, потому что оба множителя измѣняются постепенно; стало быть работа должна сначала возрасть и, достигнувъ гдѣ-нибудь maximum'a, постепенно убывать. Другими словами,

когда мышца работаетъ всею своею силою и ничто не мѣшаетъ ея укороченію, то наибольшій рабочий эффектъ (т.-е. передвиженіе груза) получается не при передвиженіи ея наибольшихъ возможныхъ для нея грузовъ, а грузовъ средней величины.

Для поясненія приведу числовой примѣръ.

Если грузамъ въ грм.:	0	50	100	200	300	400	500	600
соотвѣтствуютъ высоты поднятія въ милли-								
метр.:	13	9	7	4	3	2	1	0,
то работы будутъ въ								
граммо-миллиметрахъ:	0	450	700	800	900	800	500	0

Нервные вліянія на мышечную тягу.

Ежедневный опытъ показываетъ, что одно и то же движеніе, т.-е. результатъ сокращенія однѣхъ и тѣхъ же мышцъ, можетъ видоизмѣняться у человѣка по протяженности его въ пространствѣ и времени очень разнообразно. Такъ, сведенные другъ съ другомъ концы указательныхъ пальцевъ вытянутыхъ горизонтально рукъ можно разводить дѣйствіемъ однѣхъ и

тѣхъ же мышцъ на разстояніи отъ 1 до 1.000 мм. съ быстротою, едва уступающею быстротѣ миганія и съ медленностью черепашныхъ движеній, притомъ разводить съ равномерною, убывающей и нарастающей скоростью. Не менѣе тонкую градацію представляютъ движенія и по силѣ. У силача однѣ и тѣ же мышцы рукъ могутъ еле-еле растягивать тонкій каучуковый шнурокъ и разгибать желѣзную подкову. Кому не извѣстна, наконецъ, наша способность видоизмѣнять въ широкихъ предѣлахъ темпъ періодически повторяющихся движеній (при ходьбѣ, пиленіи дровъ, игрѣ на музыкальныхъ инструментахъ и пр.) и умѣнье останавливать движеніе въ любой моментъ его развитія. Стоитъ только припомнить, что продѣлываютъ со своимъ тѣломъ акробаты, чтобы понять, до какой виртуозности можетъ быть доведено умѣнье управлять своими движеніями. Однако и у акробата все его искусство сводится въ концѣ концовъ лишь на умѣнье управлять мышечными тягами, со стороны силы, быстроты, продолжительности и величины укороченія, притомъ—на умѣнье въ отношеніи каждаго рабочаго элемента въ отдѣльности, ибо все перечисленное разнообразіе движеній можно наблюдать на отдѣльныхъ элементахъ, напр., на сгибатель и разгибатель одного пальца, или руки въ локтевомъ сгибѣ.

Гдѣ же и какъ искать причину такихъ разнообразныхъ измѣненій?

На первый изъ этихъ вопросовъ отвѣтъ даетъ опять обыкновенный ежедневный опытъ. Всѣ вообще рабочія движенія принадлежатъ, во-первыхъ, къ разряду заученныхъ, потому что умѣнье управлять ими приобрѣтается и совершенствуется практикой. Во-вторыхъ, рабочія движенія принадлежатъ къ разряду такъ называемыхъ произвольныхъ, ибо всѣ перечисленные въ примѣрахъ видоизмѣненія ихъ человѣкъ производитъ произвольно. Наконецъ, въ-третьихъ, мы знаемъ, что пѣтъ мышцъ въ тѣлѣ, нѣтъ даже въ мышцахъ костнаго скелета ни единого волокна, которое приходило бы въ дѣятельность иначе какъ путемъ импульсовъ изъ нервной системы. Значитъ, инициатива всѣхъ приведенныхъ выше видоизмѣненій движенія выходитъ во всякомъ случаѣ изъ центральной нервной системы, и именно изъ того отдѣла ея, который завѣдуетъ произвольными движеніями.

Отсюда уже ясно слѣдуетъ, что настоящій путь къ рѣшенію нашихъ вопросовъ лежитъ въ изученіи иннервации произвольныхъ движеній вообще, т.-е. въ изученіи дѣятельностей нервнаго механизма, который тянется отъ поверхности мозговыхъ полушарій по всей длинѣ спинно-мозговой оси вплоть до внѣдренія нервныхъ волоконъ въ волокна мышцъ. Къ сожалѣнію, этотъ рациональный путь изученія явленій обставленъ во многихъ пунктахъ непобѣдимыми до сихъ поръ трудностями; поэтому, за неимѣніемъ лучшаго, фізіологъ вынужденъ пока довольствоваться, такъ сказать, сокращеннымъ изученіемъ вопросовъ. Чтобы сдѣлать сразу понятнымъ, какъ слѣдовало бы изучать явленія и какъ они изучаются въ дѣйствительности, на прилагаемомъ рис. 28

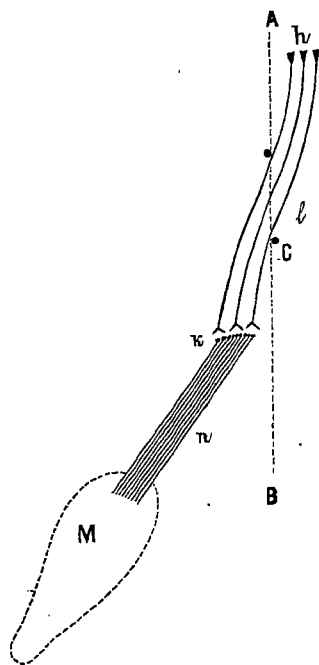


Рис. 28. АВ есть спинно-мозговая ось.

изображена схема нервнаго произвольно-двигательнаго пути для какой-либо одной мышцы туловища или конечностей, насколько его устройство выяснено современными изслѣдованіями.

Начала пути, h , лежатъ для мышцъ туловища, рукъ и ногъ раздѣльно въ опредѣленныхъ мѣстахъ поверхностнаго слоя мозговыхъ полушарій и несомнѣнно представляютъ главную часть регулирующаго снаряда въ отношеніи движеній. Но до сихъ поръ *неизвѣстно ни устройство этой части ни природа исходящихъ отсюда возбуждающихъ импульсовъ*, такъ какъ снарядъ выстроенъ изъ микроскопически малыхъ элементовъ и разлагаемъ на части быть не можетъ, тѣмъ болѣе, что по отдѣленіи отъ тѣла части мозга тотчасъ же умираютъ.

Отсюда возбуждающіе толчки распространяются по нервнымъ волокнамъ l такого же устройства, какъ волокна въ перифе-

рическихъ нервахъ,—идуть по проводникамъ, вѣроятно не претерпѣвая въ этой части пути никакихъ измѣненій и сохраняя за толчками лишь тотъ характеръ, съ которымъ они вышли изъ *h*. Было бы въ высшей степени важно возбуждать искусственно эти пути враздробь; но по своему положенію въ головномъ и спинномъ мозгу они мало доступны изслѣдованію—*возбуждаемы враздробь быть не могутъ*.

Мѣста перехода этихъ путей въ спинно-мозговья клѣтки *k*, изъ которыхъ рождаются нервныя волокна для мышцъ, представляютъ опять высокій интересъ, потому что здѣсь толчки, проходя черезъ нервныя клѣтки, навѣрно претерпѣваютъ измѣненія. Но *части эти по микроскопичности размѣровъ опять недоступны изслѣдованію: ни переходъ волоконъ l въ клѣтки k, ни связи послѣднихъ другъ съ другомъ* (если онѣ существуютъ) *неизвѣстны*. Можно только утверждать съ положительностью одно: число волоконъ *l* для всякой мышцы должно быть значительно меньше числа иннервируемыхъ ими клѣтокъ *k*, что и обозначено на схемѣ.

Отсюда дальнѣйшій путь идетъ по нерву *n*, лежащему внѣ спинного мозга. Двигательный нервъ и мышца считаются уже вполне доступными изслѣдованію, но эта доступность, какъ сейчасъ увидимъ, лишь кажущаяся вслѣдствіе нашего неумѣнья дѣйствовать на волокна нервовъ и мышцъ враздробь. Чтобы не быть голословнымъ, приведу, по числовымъ даннымъ *Гайтона* въ его «Principl. of anim. mechanics», приблизительный расчетъ числа волоконъ въ нервахъ и мышцахъ человѣка. Въ обѣихъ рукахъ и ногахъ онъ нашелъ вѣсъ мышцъ равнымъ 12.100 грм., чему, при удѣльномъ вѣсѣ мышечнаго вещества 1,0523, соотвѣтствуетъ объемъ въ 11.500 куб. см. Если принять среднюю длину мышцъ въ рукахъ и ногахъ равной 25 см. (что, конечно, много), то этому объему будетъ соотвѣтствовать столбъ мышечнаго вещества съ основаніемъ въ 460 кв. см. и высотой въ 25 см. Въ дѣйствительности основаніе столба было бы больше, но я намѣренно уменьшилъ его. Съ этой же цѣлью беру преувеличенной среднюю величину діаметра мышечнаго волокна въ 0,06 мм. Тогда площадь его поперечнаго разрѣза будетъ нѣсколько менѣе 0,003 кв. мм.; но и ее я возьму равной этому числу. При этомъ въ нашемъ

столбѣ насчитывалось бы $15\frac{1}{3}$ миллионовъ волоконъ, съ наименьшимъ числомъ волоконъ въ мышечныхъ нервахъ и такимъ же числомъ спинно-мозговыхъ клѣтокъ, изъ которыхъ рождаются эти волокна. Число это, будучи распределено на 66 мышцъ въ обѣихъ рукахъ и ногахъ, давало бы для каждой мышцы, съ поперечнымъ разрѣзомъ въ 7 кв. см., болѣе 200.000 волоконъ, съ соотвѣтственнымъ числомъ связанныхъ съ нею нервныхъ волоконъ и нервныхъ клѣтокъ. Даже половинное противъ этого число (т.-е. если считать, что сухожилія и соединительная ткань въ мышцѣ составляютъ половину ея вѣса) даетъ все-таки сотню тысячъ волоконъ для мышцы средней толщины.

При этомъ невольно возникаетъ въ головѣ вопросъ, неужели же при естественныхъ возбужденіяхъ мышцы всѣ эти сотни тысячъ элементовъ возбуждаются всегда разомъ, т.-е. одновременно и съ одинаковою силою, какъ это происходитъ въ нашихъ опытахъ искусственнаго возбужденія мышцъ съ нервовъ? Легко понять, насколько усилилось бы разнообразіе движеній, если бы мы умѣли возбуждать мышцу частями и неодновременно.

Какъ бы то ни было, но изъ всѣхъ частей двигательнаго, т.-е. нервно-мышечнаго, снаряда двигательные нервы съ ихъ мышцами все-таки наиболѣе доступны изслѣдованію; поэтому главнымъ—можно даже сказать, почти исключительнымъ—полемъ дѣйствія фізіолога, въ дѣлѣ изученія иннерваціи движеній служатъ нервы; и опыты искусственнаго раздраженія ихъ составляютъ то, что разумѣлось выше подъ словами «сокращеннаго способа изучать нервныя вліянія на мышцу». Попытокъ внести опытъ въ таинственную область нервныхъ центровъ, особенно съ поверхности полушарій, тоже не мало, но онѣ дали пока еще очень немного.

Вдаваться въ описаніе всего, что сдѣлано по вопросу объ иннерваціи мышцъ, выходило бы за предѣлы нашей задачи, достаточно будетъ привести результаты сдѣланнаго, насколько они объясняютъ ту или другую сторону мышечныхъ движеній, и то, чего еще недостаетъ. То и другое привожу въ двухъ параллельныхъ столбцахъ.

Что сдѣлано.

1) Нервные вліянія на мышцу имѣютъ форму отрывистыхъ толчковъ.

2) Дѣйствіемъ одного толчка вызываются мимолетныя движенія, длящіяся не болѣе $\frac{1}{20}$ ".

3) Быстрое слѣдованіе 2—3 толчковъ другъ за другомъ, съ промежутками около $\frac{1}{20}$ ", даетъ движенія, длящіяся крупныя доли секунды.

4) Періодическій рядъ такихъ возбужденій, съ промежутками въ крупныя доли секунды (болѣе чѣмъ $\frac{1}{10}$ ") даетъ соотвѣтственный періодическій рядъ движеній, при чемъ каждому перерыву возбужденія соотвѣтствуетъ возвратъ мышцъ въ исходное положеніе покоя.

5) Продолжительное дѣйствіе ряда частыхъ толчковъ вызываетъ въ мышцѣ, вслѣдъ за быстрымъ сокращеніемъ, длительное укороченіе, уже не сопровождающееся движеніемъ.

6) Съ постепеннымъ усиленіемъ возбуждающихъ ударовъ постепенно же возрастаютъ, при данной нагрузкѣ мышцъ, величины ея укороченія.

7) Съ постепеннымъ нарастаніемъ нагрузки, при неизмѣнной величинѣ возбужденія, постепенно уменьшаются величины укороченія (исключенія изъ этого правила см. выше, стр. 49).

Чего недостаетъ.

А) Воспроизведенія медленныхъ равномерныхъ движеній, могущихъ длиться по произволу человѣка, безъ всякихъ перерывовъ, чуть не минуты.

В) Воспроизведенія ускореній и замедленій въ теченіе такого продолжительнаго движенія.

С) Воспроизведенія остановокъ движенія въ сферѣ мышцъ костнаго скелета.

Д) Воспроизведенія фактовъ, гдѣ одна и таже мышца можетъ развивать подъемныя силы очень различной величины, отъ очень слабыхъ до свойственнаго ей maximum'a.

Е) Точнаго воспроизведенія всѣхъ вообще (сложныхъ) движеній; въ которыхъ участвуютъ болѣе чѣмъ одна мышца.

Теперь разберемъ по порядку, подѣ соотвѣтственными нумерами, что въ естественныхъ движеніяхъ объяснимо добытыми результатами; и затѣмъ приведемъ соображенія, какъ можно было бы объяснить то, чего еще недостаетъ.

ad 2) Лстучія движенія, длящіяся мелкія доли секунды, хотя и случаются въ обыденной жизни, въ видѣ, напримѣръ, отрывистаго миганія, быстрого поворота глазъ и т. п., по прямого значенія для рабочихъ движеній они не имѣютъ.

ad 3) Что же касается до обычныхъ неторопливыхъ движеній туловища, головы, рукъ и ногъ, длящихся крупныя

доли секунды, то ихъ можно разсматривать, какъ кратковременные тетанусы, произведенные 3—4 естественными толчками.

ad 4) Периодически повторяющимися кратковременными тетанусами, съ промежутками въ крупныя доли секунды, объяснимы всѣ вообще періодическія движенія туловища, головы, рукъ и ногъ, равно какъ самыя быстрыя періодическія движенія ручныхъ пальцевъ, напр., при игрѣ на музыкальныхъ инструментахъ; потому что и въ послѣднемъ случаѣ промежутки между одноименными движеніями каждаго пальца достаточны для перехода работающей мышцы въ состояніе покоя (см. выше опыты съ отбиваніемъ пальцами быстрой трели).

ad 5) Тетанусами, какъ состояніями, въ которыхъ мышца остается сокращенной (укороченной) болѣе или менѣе долгое время, не производя движенія, объясняются: судорожныя сокращенія мышцъ въ болѣзни, извѣстной подъ именемъ столбняка; соотвѣтственные припадки при стрихнинной отравѣ; всѣ вообще такъ называемыя тоническія кингульсіи, и всѣ такъ называемыя произвольные тетанусы, когда, напр., человекъ дѣйствіемъ воли держать сильно сжатымъ кулакъ, или держать руку напряженно согнутой въ локтѣ, чтобы похвастать своей двуглавой мышцей, или стискиваетъ усиленно зубы и пр. Сюда же относятся, наконецъ, тѣ встрѣчающіеся на каждомъ шагѣ случаи работъ, гдѣ однѣ мышцы производятъ тѣ или другія движенія, а другимъ приходится оставаться все время сокращенными, не производя движеній. Такъ, при пиленіи дровъ, въ то самое время какъ работаютъ мышцы, двигающія пилу назадъ и впередъ, ручная кисть, держащая пилу, остается все время сжатой въ кулакъ. Безъ такихъ побочныхъ длительныхъ сокращеній не обходятся даже такія работы, какъ вязанье чулокъ или перенесеніе чернильницы съ мѣста на мѣсто. Все это тетанусы, но, конечно, менѣе сильныя, чѣмъ стрихнинныя судороги.

ad 6) и 7) Нѣтъ сомнѣнія, что въ основѣ нашей способности сокращать однѣ и тѣ же мышцы на различныя длины лежитъ способность дѣйствовать на нихъ толчками разной силы.

Теперь посмотримъ, не существуетъ ли, за отсутствіемъ прямыхъ данныхъ, по крайней мѣрѣ косвенныхъ фактовъ,

которыми можно было бы объяснить нѣкоторые изъ выше-приведенныхъ недочетовъ, именно факты замедленія и остановки произвольныхъ движеній, т.-е. движеній въ сферѣ мышцъ костнаго скелета.

Здѣсь на первое мѣсто должны быть поставлены опыты приведенія сокращенныхъ мышцъ въ расслабленное состояніе искусственными раздраженіями съ периферіи и съ поверхности полушарій. На собакахъ въ морфійномъ наркозѣ легко вызывается тоническое сокращеніе ножныхъ мышцъ; въ такихъ случаяхъ легкаго механическаго или электрическаго раздраженія кожи въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ тѣла бываетъ достаточно, чтобы привести мышцы въ расслабленное состояніе (*Гейденгайнъ* и *Бубновъ*). Дальнѣйшія наблюденія въ томъ же направленіи принадлежатъ *Герингу* и *Шеррингтону* на обезьянахъ. При такомъ же состояніи наркотизованнаго животнаго они раздражали попеременно участки мозговой коры для сгибателей и разгибателей членовъ. Въ первомъ случаѣ, рядомъ съ сокращеніемъ сгибателей наблюдалось расслабленіе ихъ антагонистовъ, а во второмъ получалось обратное. *Шеррингтонъ* возводитъ эти факты въ общее правило для всѣхъ вообще возбужденій мышцъ съ мозговой коры, говоря, что участки для сокращенія данной группы мышцъ и для расслабленія антагонистовъ совпадаютъ между собою. Очень нагляденъ и остроумень слѣдующій дальнѣйшій опытъ *Шеррингтона*. Перерѣзкой на обезьянѣ 3-го и 4-го мозговыхъ нервовъ слѣва онъ парализовалъ всѣ мышцы лѣваго глазнаго яблока, за исключеніемъ прямой наружной. Черезъ это вслѣдствіе тоническаго сокращенія послѣдней, не уравновѣшеннаго антагонистической тягой, глазъ оставался повернутымъ къ виску. Затѣмъ раздражался участокъ мозговой коры, который вращаетъ при нормальныхъ условіяхъ оба глаза вправо. Теперь лѣвый глазъ, двигаясь вмѣстѣ съ правымъ, доходилъ однако лишь до средняго положенія, т.-е. двигался только вслѣдствіе угнетанія тонуса сокращенной наружной мышцы. Позднѣ этотъ самый фактъ былъ доказанъ еще прямѣе *Тополянскимъ*. Отдѣливъ отъ глазнаго яблока у кролика передніе концы наружной и внутренней прямой мышцы и соединивъ ихъ съ рычагами міографовъ, онъ раздражалъ отдѣлы мозговой коры, вліяющіе на обѣ мышцы,

и нашелъ, что когда при данномъ раздраженіи укорачивался тотъ или другой мускулъ, рядомъ съ этимъ расслаблялся то-пически сокращенный антагонистъ его. Опыты эти важны въ томъ отношеніи, что ими несомѣнно установленъ для млеко-питающихъ (отъ кролика до обезьяны) фактъ существованія въ ихъ тѣлѣ механизмовъ, способныхъ угнетать движенія въ сферѣ мышцъ костнаго скелета или по крайней мѣрѣ приво-дять сокращенныя мышцы въ расслабленное состояніе. Разъ существованіе такихъ механизмовъ въ тѣлѣ доказано, до мысли объ ихъ участіи въ умѣреніи и остановкѣ движеній уже одинъ шагъ. Фактъ замедленія движеній конечностей подъ вліяніемъ возбужденія механизмовъ, угнетающихъ движенія, былъ на-блюдаемъ пока лишь на лягушкѣ съ отрѣзанными гемисфе-рами. Оперированная такимъ образомъ лягушка сидитъ часто съ поджатыми задними ногами неподвижно, и это даетъ воз-можность тетанизировать заранее отпрепарованный сѣдалищный нервъ животнаго въ центростремительномъ направленіи токами разной силы. Слабая тетанизация вызываетъ мгновенно быст-рый скачокъ, а при сильной тетанизации скачокъ въ высшей степени замедленъ. Въ томъ же, что возбужденіемъ сѣдалищ-ныхъ нервовъ возбуждаются механизмы, угнетающіе движенія, убѣждаетъ всего яснѣе слѣдующій опытъ. Въ продолговатомъ мозгу лягушки, отдѣленномъ отъ среднихъ частей головного мозга, самопроизвольно развиваются возбуждающіе толчки, вы-ражающіеся на мышцахъ костнаго скелета ихъ сокращеніями, а на гальванометрѣ отрицательными колебаніями тока, отве-деннаго отъ продольной поверхности и поперечнаго разрѣза продолговатаго мозга. Во время тетанизации сѣдалищныхъ нер-вовъ въ центростремительномъ направленіи толчки эти пре-кращаются, а вслѣдъ за прекращеніемъ раздраженія разви-ваются съ удвоенною частотою. Для этого случая доказано прямыми опытами, что механизмъ угнетенія двигательныхъ импульсовъ заключается въ угнетеніи возбуждаемости соотвѣт-ственныхъ центровъ; таковъ же, вѣроятно, и механизмъ угне-тенія тонуса антагонистовъ.

Выше, между недочетами нашихъ знаній, подъ буквой *D*, было сказано, что мы не умѣемъ воспроизводить фактовъ, гдѣ одна и та же мышца можетъ развивать подъемныя силы очень

различной величины, отъ очень слабыхъ до свойственнаго ей максимума. Причина этому заключается въ томъ, что въ нашихъ опытахъ возбужденія мышцъ съ нервовъ всегда раздражаются съ одинаковой силой всѣ волокна послѣдняго, слѣдовательно, всегда же возбуждаются разомъ всѣ волокна, входящія въ составъ мышцы; а между тѣмъ возможно, что при естественныхъ возбужденіяхъ мышцы приводятся въ дѣятельность не только цѣликомъ, но и частями, какъ это положительно доказано для нѣкоторыхъ крупныхъ мышцъ. Къ сожалѣнію опытовъ для рѣшенія этого вопроса еще нѣтъ.

II.

Сложныя рабочія движенія.

Приступая къ описанію сложныхъ рабочихъ движеній, необходимо сдѣлать слѣдующую оговорку. Мы будемъ имѣть въ виду лишь случаи внѣшнихъ работъ, производимыхъ мышцами туловища и конечностей. Да и изъ этой рамки мы будемъ принуждены выключить случаи, мало доступные анализу, какковы, напримѣръ, мышечныя работы при ѣдѣ, игрѣ на инструментахъ, артикулированіи звуковъ въ рѣчь и пр., хотя онѣ тоже производятся мышцами костнаго скелета.

Такъ какъ всякая работа предполагаетъ перемѣщеніе внѣшняго предмета въ извѣстномъ направленіи, съ извѣстной скоростью и при извѣстномъ сопротивленіи со стороны перемѣщаемаго предмета, то вопросъ объ участіи подвижныхъ частей нашего тѣла въ сложныхъ рабочихъ движеніяхъ, очевидно, долженъ заключаться въ рѣшеніи частныхъ вопросовъ, въ какихъ направленіяхъ, съ какою быстротою и силою могутъ перемѣщаться эти части, именно туловище, руки, ноги и все тѣло разомъ.

Опытъ и самое устройство двигателей нашего тѣла говорятъ далѣе, что всѣ вообще внѣшнія работы совершаются укороченіями и удлинненіями всего тѣла и ея частей, вмѣстѣ съ вращеніями ихъ около продольныхъ осей, повторяющимися другъ за другомъ или въ одномъ и томъ же направленіи *)

*) Исключеніе изъ этого правила составляютъ лишь дыхательныя служенія и расширенія полости грудной кѣтки и вспомогательныя работы брюшнаго пресса при родахъ и выведеніи мочи и кала.

(например, укороченіе и удлиненіе руки при пиленіи), или въ непрерывно мѣняющемся (например, движеніе руки при верченіи колеса). Стало-быть, изученіе сложныхъ рабочихъ движеній должно заключаться въ рѣшеніи вопросовъ, съ какою силою и быстротою происходятъ укороченія, удлиненія и вращенія тѣла съ его придатками около продольныхъ осей.

Наконецъ, самыя простыя наблюденія показываютъ, что какъ бы проста ни была работа, она всегда слагается изъ дѣятельности мышцъ, придающихъ той или другой части тѣла неизмѣнно-устойчивое положеніе, въ то самое время какъ другія мышцы производятъ работу перемѣщенія грузовъ *). Стало-быть, нужно знать не только направленіе, силу и быстроту перемѣщенія частей тѣла, но также условія устойчивости ихъ въ различныхъ положеніяхъ.

Съ этой точки зрѣнія мы и будемъ разсматривать устройство нашихъ двигателей, но начнемъ съ руки, какъ наиболѣе подвижнаго члена, потому что подробное изученіе ея движеній дастъ намъ возможность значительно сократить описаніе всѣхъ прочихъ.

Рука какъ рабочій органъ.

Въ рабочихъ движеніяхъ этого члена ручная кисть представляетъ звено, связывающее внѣшній предметъ съ рабочимъ органомъ; поэтому вопросъ о движеніяхъ руки сводится въ сущности на вопросъ о перемѣщеніи въ пространствѣ ручной кисти вообще и ея ладонной поверхности въ частности. Въ этомъ смыслѣ рабочее поле руки, въ которомъ происходятъ всѣ перемѣщенія ручной кисти, представляетъ полусферическое пространство впереди отъ фронтальной плоскости тѣла (такъ называется отвѣсная плоскость тѣла, проходящая черезъ середины обоихъ плечевыхъ суставовъ), описанное изъ

*) Когда, наприм., человекъ, стоя, перепиливаетъ брусъ одною рукою, то изъ другой вытянутой руки, упирающейся въ брусъ и наклоненнаго туловища съ раздвинутыми ногами онъ образуетъ въ одно и то же время держалку для бруса и родъ устойчивыхъ козель для поддержки плеча работающей руки, которая качается какъ маятникъ въ плечевомъ суставѣ. Рабочія движенія укороченія и удлиненія руки производятся при этомъ мышцами плеча и предплечья, а сжатая въ кулакъ кисть руки все время остается сжатой; слѣдовательно, и эта часть рабочаго механизма остается въ неизмѣнно-устойчивомъ положеніи.

середины плечевого сустава радиусомъ, равнымъ длинѣ вытянутой руки.

На пограничной поверхности этого пространства нѣтъ ни единой точки, которой не могла бы коснуться вытянутая рука своимъ свободнымъ концомъ; и нѣтъ двухъ точекъ, которыхъ не могъ бы коснуться тотъ же конецъ, передвигаясь по линіямъ любой кривизны. То и другое вытекаетъ изъ свойствъ шаровиднаго плечевого сустава и доказывается нашей способностью вырисовывать вытянутой рукою на полусферической поверхности фигуры любой формы.

Столь же легко можно убѣдиться и въ томъ, что въ рабочей полусферѣ руки нѣтъ радиуса, по длинѣ котораго конецъ ея не могъ бы перемѣщаться прямолинейно. Для этого стоитъ, на примѣръ, натягивать рукою нить съ грузомъ, перекинутую черезъ блокъ, и ставить ось блока въ самыя разнообразныя положенія относительно фронтальной плоскости тѣла. При любомъ положеніи блока, рука, натягивающая нить, можетъ двигаться прямолинейно. Частный случай такого укороченія изображенъ схематически на рис. 29 переходомъ прямолинейнаго радиуса

$oabc$ въ ломаную линію $oa'b'c'$. Именно, $oabc$ представляетъ руку человѣка, вытянутую горизонтально прямо впередъ; а въ ломаной линіи oa' изображаетъ въ ракурсѣ оттянутое назадъ *brachium*; $a'b'$ — сильно согнутое въ локтѣ (a') предплечіе и

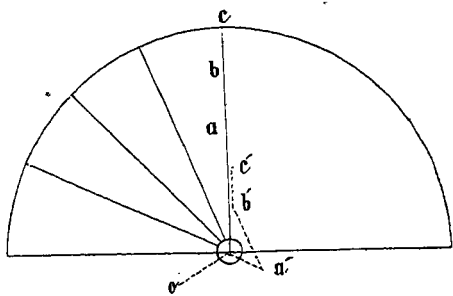


Рис. 29.

$b'c'$ — изогнутую въ противоположномъ направленіи ручную кисть. Величина укороченія руки будетъ при этомъ равна cc' . Перемѣщенная кисть $b'c'$ изображена не совпадающей своей осью съ радиусомъ oc , въ которомъ происходитъ укороченіе, но только потому, что иначе механизмъ сгибанія былъ бы невидимъ. Легко понять въ самомъ дѣлѣ, что такое совпаденіе возможно: стоитъ только представить себѣ локоть a' менѣе

отведеннымъ отъ *А* вправо или руку — сильнѣе согнутою въ локтѣ, а кисть — сильнѣе выгнутою наружу.

Изъ того, что кисть руки можетъ перемѣщаться прямолинейно по всѣмъ радіусамъ рабочаго поля, уже само собою слѣдуетъ, что

она касается свободнымъ концомъ всѣхъ точекъ поверхностей, описанныхъ изъ плечевого сустава концомъ укороченной въ различныхъ степеняхъ руки.

Держа передъ собою листъ бумаги, выше и ниже головы, вправо и влево отъ нея, параллельно фронтальной плоскости тѣла и подъ любымъ угломъ наклоненія къ ней, человекъ можетъ вырисовывать на листѣ фигуры любой кривизны (напримѣръ, писать); значить,

въ рабочей сферѣ руки нѣтъ такихъ двухъ точекъ, черезъ которыя не могъ бы пройти свободный конецъ руки, передвигаясь отъ одной къ другой по путямъ любой кривизны.

Отсюда вытекаетъ между прочимъ способность свободного конца руки описывать круги въ различныхъ плоскостяхъ относительно фронтальной плоскости тѣла.

Чтобы понять все безконечное разнообразіе описанныхъ доселѣ перемѣщеній кисти, достаточно будетъ опредѣлить опытомъ крайніе предѣлы прямолинейныхъ перемѣщеній ея въ трехъ взаимно-перпендикулярныхъ направленіяхъ, именно — продѣлать на себѣ слѣдующій рядъ простыхъ опытовъ. Вытянуть руку прямо вверхъ и смотрѣть, насколько перемѣстится кисть при укороченіи руки сверху внизъ, — окажутся, что она опускается до уровня плеча. Значить, въ этомъ направленіи рука укорачивается на всю свою длину. Опытъ надъ рукою, вытянутою горизонтально прямо впередъ, показываетъ что отступленіе кисти назадъ не достигаетъ плеча вершка на четыре. Еще меньше укороченіе висящей руки снизу вверхъ несмотря на то, что ему помогаетъ поднятіе плеча, т.-е. ключицы и лопатки. Укороченія справа налево и въ обратную сторону опять достигаютъ всей длины руки. Въ этихъ предѣлахъ во всѣхъ трехъ направленіяхъ, равно какъ во всѣхъ промежу-

* Правда, въ однихъ положеніяхъ листа писанье болѣе затруднительно чѣмъ въ другихъ; но затрудненіе устраняется, если работа рукъ сопровождается измѣненіями фронта плечъ (т.-е. фронтальной плоскости тѣла).

точныхъ между ними, рука можетъ укорачиваться и удлиняться на любую величину!

Но это далеко не все. Къ описаннымъ перемѣщеніямъ свободнаго конца руки въ работахъ очень часто присоединяются вращенія ея около продольной оси. Дѣйствуя въ отдѣльности отъ прочихъ мышцъ, вращатели руки измѣняютъ положеніе ладонной поверхности кисти слѣдующимъ образомъ. Если принять за исходное положеніе руки, наприм., правой, висящее положеніе ея большимъ пальцемъ впередъ (ладонью внутрь), то по часовой стрѣлкѣ она можетъ вращаться на 90° , а въ обратную сторону на 180° . При этомъ рука ставится ладонною поверхностью внутрь, впередъ, назадъ и наружу; и такая обширная перемѣщаемость ладонной поверхности кисти сохраняется почти неизмѣнной для всѣхъ положеній вытянутой и укороченной руки въ ея рабочей сферѣ. Легко понять, насколько увеличивается разнообразіе движеній присоединеніемъ вращеній около продольной оси къ прочимъ перемѣщеніямъ кисти въ пространствѣ.

Но и это еще не конецъ. Въ мелкихъ ручныхъ работахъ ко всему прочему присоединяется работа пальцевъ, съ вытекающими отсюда чрезвычайно разнообразными измѣненіями расчлененной ладонной поверхности.

Разнообразіе ручныхъ движеній завершается, наконецъ, способностью рукъ дѣйствовать своими частями врознь: пальцами въ отдѣльности или вмѣстѣ со всей ручной кистью, послѣднею вмѣстѣ съ предплечіемъ или одновременно съ обоими верхними отдѣлами руки. Кромѣ того, обѣ руки могутъ работать врознь и вмѣстѣ, притомъ согласно и несогласно по направленію. Въ этихъ способностяхъ раздѣльной и совмѣстной дѣятельности заключается едва ли не самое драгоцѣнное свойство рукъ, какъ рабочихъ органовъ,—свойство, дѣлающее ихъ одинаково способными на тонкія, мелкія и грубыя сильныя работы.

Какъ ни велико однако разнообразіе ручныхъ движеній, его можно подвести подъ слѣдующую не длинную словесную формулу:

рука способна своими укороченіями и удлиненіями перемѣщать ручную кисть прямолинейно по всѣмъ радіусамъ ра-

бочей сферы, оставляя за кистью во всех ея положеніяхъ по длинѣ этихъ радіусовъ полную (т.-е. шаровидно-суставную) свободу крупныхъ и мелкихъ перемѣщеній.

Этой же формулой опредѣляется путь къ систематическому изученію ручныхъ движеній, по направленію, величинѣ перемѣщенія, силѣ и скорости.

Какимъ же устройствомъ сочлененій и тягъ достигается такое изумительное разнообразіе движеній?

По первому изъ этихъ вопросовъ я ограничусь лишь описаніемъ функціональнаго значенія суставовъ руки, отсылая читателя за подробностями ихъ устройства въ учебники анатоміи.

Перемѣщенія ручной кисти въ пространствѣ совершаются при посредствѣ передвиженія костей руки въ трехъ или, точнѣе, четырехъ сочлененіяхъ: плечевомъ, двухъ локтевыхъ и суставѣ между предплечіемъ и кистью. Относительное расположеніе этихъ суставовъ по длинѣ руки изображено на приложенномъ рисункѣ (рис. 30). Продольная ось руки AB лежитъ въ плоскости, проведенной черезъ центръ вращенія головки плечевой кости (o) и середину ладонной поверхности кисти, или черезъ середину ея сустава съ предплечіемъ; въ этой же плоскости лежитъ ось вращенія луча (Bo'), а ось вращенія ulnae, равно какъ обѣ оси сустава кисти съ предплечіемъ лежатъ въ плоскостяхъ перпендикулярныхъ къ продольной оси руки. Изъ такого распредѣленія осей непосредственно вытекаютъ слѣдующіе два факта: каково бы ни было положеніе локтевого блока (т.-е. оси локтевого сгиба), сгибаніе и разгибаніе руки въ локтѣ всегда происходитъ въ плоскости, проведенной черезъ ея продольную ось, и каково бы ни было положеніе локтевого блока, вращеніе плечевой кости около продольной оси руки можетъ прямо слагаться съ вращеніями луча. О томъ же, что вытекаетъ изъ упомянутого выше положенія осей сустава между кистью и предплечіемъ, будетъ сказано ниже.

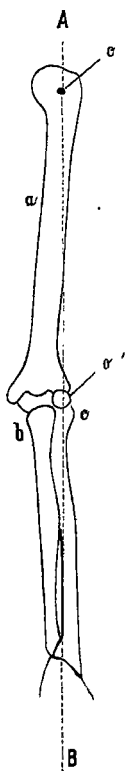


Рис. 30.

О роли плечевого сустава въ движеніяхъ руки распростра-
няться нечего—она ясно вытекаетъ изъ шаровидной формы
этого сочлененія, дающей возможность нижнему концу плече-
вой кости перемѣщаться во всевозможныхъ направленіяхъ между
любыми двумя точками рабочаго пространства и даже кзади
отъ него (т.-е. кзади отъ фронтальной плоскости тѣла).— Лок-
темъ можно писать и вырисовывать фигуры любой формы.

Что же касается до двойного локтевого сустава, то здѣсь
прежде всего является въ головѣ вопросъ, почему предплеч-
ныхъ костей двѣ, а не одна, и почему двойной суставъ не
замѣненъ однимъ въ формѣ, наприм., шаровиднаго сочлененія
или подобнаго колѣнному. Шаровидный суставъ одиночной
кости въ локтѣ былъ бы конечно очень выгоденъ въ томъ от-
ношеніи, что допускалъ бы для предплечія съ кистью такую
же полную свободу движеній изъ локтя, какую даетъ плече-
вой суставъ; но онъ былъ бы невозможенъ здѣсь по слѣдую-
щей причинѣ: при настоящемъ устройствѣ локтевого сустава,
предплечіе какъ вытянутой такъ и согнутой въ локтѣ руки
устойчиво связано съ плечевой костью въ всѣхъ направленіяхъ,
за исключеніемъ лишь того, въ которомъ происходитъ сгиба-
ніе и разгибаніе руки; шаровидный же суставъ давалъ бы
возможность рукѣ гнуться (въ локтѣ) во всѣхъ направленіяхъ,
и устранить это неудобство расположеніемъ вокругъ сустава
связокъ, которыя задерживали бы сгибы въ бока и кзади
своимъ натяженіемъ (какъ это дѣлаютъ боковыя связки въ
колѣнѣ), для всѣхъ положеній вытянутой и согнутой руки было
бы невозможно. Устройство же одиночнаго сочлененія на по-
добіе колѣннаго исключало бы возможность вращенія пред-
плечія вокругъ продольной оси при вытянутомъ положеніи
руки.

Само по себѣ, т.-е. дѣйствуя отдѣльно отъ прочихъ суста-
вовъ руки, локтевое сочлененіе допускаетъ для предплечія
вмѣстѣ съ кистью движенія двоякаго рода: сгибаніе съ разги-
баніемъ и вращеніе вокругъ продольной оси. Обѣ эти функціи
распредѣлены, какъ извѣстно, между двумя костями предплечія,
локтевой и лучевой, и распредѣлены, по остроумному замѣ-
чанію знаменитаго цюрихскаго анатома *Герм. Мейера*, слѣ-
дующимъ образомъ: предплечіе состоитъ собственно изъ одной

только локтевой кости, а лучъ представляетъ продолженіе ручной кисти на всю длину предплечія. Такъ, хотя при сгибаніи и разгибаніи руки обѣ кости двигаются вмѣстѣ, но направленіе движенію предплечія даетъ лишь локтевая кость, связанная съ плечевой блоковиднымъ (однооснымъ) суставомъ; тогда какъ вращеніе предплечія (вмѣстѣ съ ручной кистью) около продольной оси производится вращеніемъ луча.

Третій суставъ по длинѣ руки есть сочлененіе между кистью и предплечіемъ. Это суставъ двуосный, и обѣ его оси лежатъ въ плоскости перпендикулярной къ продольной оси руки; одна изъ нихъ параллельна ладонной поверхности, другая перпендикулярна къ ней. Кромѣ, того обѣ оси совпадаютъ по направленію съ осями вращенія пальцевъ при ихъ основаніяхъ. Слѣдовательно, дѣйствуя отдѣльно отъ другихъ сочлененій, суставъ нашъ даетъ наклоненія продольной оси ручной кисти въ двухъ взаимно-перпендикулярныхъ плоскостяхъ, притомъ очень незначительныя сравнительно съ экскурсіями ручной кисти изъ локтя и плеча.

Но при работахъ рукъ перемѣщенія ручной кисти въ пространствѣ совершаются лишь въ исключительныхъ случаяхъ вращеніемъ костей въ томъ или другомъ изъ описанныхъ сочлененій въ отдѣльности—обыкновенно работаютъ эти суставы или попарно, или всѣ три разомъ. Такъ, въ укороченіяхъ и удлиненіяхъ руки замѣшаны главнымъ образомъ плечевой и локтевой суставы; но часто присоединяются къ нимъ и движенія въ 3-мъ суставѣ—всякій разъ, когда по условіямъ работы продольная ось ручной кисти не можетъ совпадать съ продольной осью перемѣщающагося предплечія. Изъ такихъ сочетанныхъ движеній особеннаго вниманія заслуживаетъ случай сочетанія вращеній луча съ движеніями въ суставѣ между ручной кистью и предплечіемъ.

Выше было уже сказано, что послѣдній суставъ двуосный и что обѣ его взаимно-перпендикулярныя оси лежатъ въ плоскости перпендикулярной къ продольной оси руки; съ которою совпадаетъ ось вращенія луча. Если къ этому прибавить, что ручная кисть связана своимъ двуоснымъ суставомъ съ лучомъ и вращается вмѣстѣ съ послѣднимъ, то оказывается, что двуосный суставъ кисти, вмѣстѣ съ однооснымъ суставомъ луча,

образуютъ сложный суставъ о трехъ взаимно-перпендикулярныхъ осяхъ, т.-е. суставъ эквивалентный шаровому и совершенно сходный съ сложнымъ раздѣльнымъ суставомъ между головой и позвоночникомъ.—Одноосный суставъ луча соответствуетъ такому же суставу между 1-мъ и 2-мъ позвонками, а двуосный кисти—двуосному суставу между 1-мъ позвонкомъ и затылочной костью.

Такимъ образомъ, выходитъ, что для ручной кисти по длинѣ руки существуетъ два шаровидныхъ сустава и вмѣстѣ съ тѣмъ конечность сохраняетъ въ локтѣ устойчивость въ бока и кзади, т.-е. разрѣшена та упомянутая выше трудность, которая была бы неустранима, если бы въ предплечіи была одиночная кость, связанная съ плечевою шаровиднымъ суставомъ.

Легко понять, какая огромная выгода вытекаетъ отсюда для перемѣщеній ручной кисти въ пространствѣ. Обладая полною свободою движеній изъ двухъ мѣстъ, плеча и локтя, она можетъ пользоваться тѣмъ или другимъ суставомъ въ отдѣльности или обоими вмѣстѣ. Притомъ же движенія изъ обоихъ суставовъ не одинаковы по протяженности: плечевой даетъ значительныя перемѣщенія кисти въ пространствѣ, а другой—сравнительно малыя. Поэтому, когда движеніе происходитъ въ обоихъ, дѣйствіе ихъ можно приравнять дѣйствію простого и микрометрическаго винта въ точныхъ измѣрительныхъ приборахъ: одинъ служить для грубой приблизительной, а другой—для тонкой и точной установки подвижныхъ частей.

Послѣднюю черту въ устройствѣ суставовъ руки представляетъ нѣкоторая гибкость основанія ручной кисти въ раздробленномъ суставѣ плюсневыхъ косточекъ, еще болѣе увеличивающая тонкую подвижность кисти.

Переходя къ вопросу о распредѣленіи и силѣ ручныхъ тягъ, напомнимъ прежде всего читателю, что число и распредѣленіе ихъ вокругъ суставовъ опредѣляется формой суставныхъ поверхностей, и именно числомъ и положеніемъ осей вращенія костей въ суставѣ. Для одноосныхъ сочлененій, дающихъ вращеніе только въ одной плоскости, теоретически достаточно двухъ мышцъ антагонистовъ съ тягами въ этой самой плоскости. Верхніе суставы всѣхъ 5 пальцевъ, средніе 4-хъ и сочлененіе ulnae съ плечевою костью принадлежатъ къ этому типу.

съ ней по направленію (и потому невидимая), лежитъ за плоскостью бумаги и обѣ прикрѣпляются къ поверхности шара ниже его центра вращенія.

Такова теорія наипростѣйшаго расположенія тягъ вокругъ шаровиднаго сустава; а теперь посмотримъ, насколько уклоняется отъ этой теоріи дѣйствительное расположеніе мышечныхъ тягъ вокругъ плечевого сустава, заранѣе оговорившись, что дѣйствіе ихъ измѣнчиво въ зависимости отъ положенія руки относительно туловища.

Двигателей плечевой кости вмѣсто шести—восемь, и мы раздѣлимъ ихъ, ради удобства описанія, на двѣ группы различнаго по силѣ дѣйствія.

Группу слабого дѣйствія составляютъ 4 мышцы: *mm. supraspinatus, infraspinatus, subscapularis* и *coracobrachialis*; группу сильнаго дѣйствія: *mm. pectoralis major, deltoides, latissimus dorsi* и *teres major*. Дѣйствіе обѣихъ группъ заключается въ томъ, чтобы выводить руку изъ отвѣснаго положенія, соответствующаго покою члена, и ставить плечевую кость по радіусамъ рабочей полусферы впередъ, вверхъ, внизъ, кнаружи, кнутри и кзади.

На рис. 32 изображены результирующія тяги трехъ мышцъ 1-й группы: *m. supraspinati* (тяга *m*), *m. infraspinati* (тяга *n*) и *m. coracobrachialis* (тяга *p*). Тяга 4-й мышцы, *m. subscapularis* не могла быть изображена на рисункѣ, потому что она идетъ по передней поверхности лопатки, совпадая по направленію съ тягою *n*. По своему дѣйствію она антагонистична послѣдней и мы обозначимъ ее буквой *q*. Расположеніе тягъ *m*, *n* и *q* вокругъ плечевого сустава вполне соответствуетъ расположенію трехъ прямыхъ мышцъ глазного яблока: именно тяга *m* соответствуетъ верхней прямой, *n*—наружной прямой, *q*—внутренней прямой. Разница лишь въ томъ, что въ глазу двѣ послѣднія тяги лежатъ, при покоѣ глаза, въ горизонтальной плоскости, а здѣсь — наклонно. Но зато обѣ эти мышцы совмѣщаютъ въ себѣ, какъ увидимъ ни-

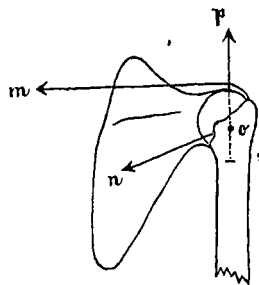


Рис. 32.

же, свойства трехъ прямыхъ глазныхъ мышцъ: наружной, внутренней и нижней. Аналогія въ расположеніи тягъ идетъ и далѣе. Какъ въ глазу мышцы плотно прилегаютъ своими концами къ главному яблоку, такъ и здѣсь онѣ плотно прилегаютъ къ плечевому суставу. Плечами тягъ служатъ тамъ радіусы глазного яблока, а здѣсь — радіусы головки плечевой кости, т.-е. длины въ доли вершка. Вотъ это-то обстоятельство, въ связи съ длиною и вѣсомъ передвигаемаго ими рычага (т.-е. всей руки), и составляетъ причину, почему мышцы первой группы были названы мною мышцами слабого дѣйствія.

При отвѣснoвисячемъ положеніи руки *m. supraspinatus*, отводя ее отъ туловища наружу и нѣсколько впередъ, можетъ при дальнѣйшемъ укороченіи поднимать руку надъ горизонтомъ; *m. coracobrachialis* выводитъ руку изъ отвѣснаго положенія впередъ и нѣсколько внутрь, поднимая ее въ томъ же направленіи вверхъ; но антогониста ему, который отводилъ бы локоть назадъ, въ 1-й группѣ нѣтъ, потому что въ такомъ положеніи руки *infraspinatus* врацаетъ плечевую кость около ея продольной оси спереди назадъ, а *subscapularis* — сзади напередъ.

Но стоитъ представить себѣ руку отведенною наружу и вытянутою горизонтально, чтобы картина дѣйствія послѣднихъ двухъ мышцъ рѣзко измѣнилась. Укорачиваясь изъ этого положенія, какъ исходнаго, *mm. supraspinatus* и *coracobrachialis* будутъ дѣйствовать въ прежнемъ направленіи — подтягивать руку надъ горизонтомъ кверху и кнутри, а *subscapularis* и *infraspinatus*, продолжая оставаться антагонистами другъ относительно друга, — одинъ станетъ передвигать конецъ плечевой кости (локоть) впередъ и книзу, дѣйствуя въ одно и то же время, какъ прямая внутренняя и прямая нижняя глаза, а другой будетъ оттягивать его назадъ и книзу наподобіе прямой наружной и прямой нижней глаза. Если же обѣ мышцы будутъ сокращаться одновременно, то онѣ будутъ опускать руку въ фронтальной плоскости тѣла прямо внизъ, представляя тогда антагониста *m. supraspinati*. Дѣло въ томъ, что каждая изъ этихъ мышцъ совмѣщаетъ въ себѣ двѣ тяги: одну въ горизонтальной плоскости, другую — прямо внизъ, и когда сокращаются обѣ, то горизонтальныя слагаемыя, какъ противоположныя по направленію, взаимно уничтожаются и дѣйствуютъ однѣ верти-

кальные слагаемыя. Такимъ образомъ мы видимъ, что три мышцы, *suprascr.*, *infrascr.* и *subscap.*, благодаря наклонному положенію тягъ двухъ послѣднихъ, могутъ дѣйствовать какъ четыре прямые глазнаго яблока, и дѣйствовать такимъ образомъ при различныхъ исходныхъ положеніяхъ плечевой кости, кромѣ всякаго. При этомъ *coracobrachialis* съ его почти прямой тягой снизу вверхъ, ставя плечевую кость локтемъ впередъ, можетъ компенсировать вертикальныя слагаемыя книзу, какъ *m. subscapul.*, такъ и *m. infraspinati*. Если же къ этому прибавить, что при всѣхъ перемѣщеніяхъ плечевой кости, за исключеніемъ лишь одного, — когда продольная ось ея совпадаетъ по направленію съ тягами *n* и *q*, — въ дѣйствіи послѣднихъ двухъ мышцъ остаются вращательныя слагаемыя, то выходитъ, что дѣйствіемъ 4 мышцъ 1-й группы покрываются почти всѣ рабочія перемѣщенія плечевой кости, за исключеніемъ прямого отведенія локтя висячей руки спереди назадъ *). Значитъ 4 тяги 1-й группы, сочетаясь другъ съ другомъ, совмѣщаютъ въ себѣ свойства 6 штатныхъ тягъ шарового сустава.

Выше было сказано, что наши мышцы представляютъ группу слабого дѣйствія. Теперь я приведу доказательство. Если принять среднюю длину вытянутой руки равной 55 см., при вѣсѣ ея въ 3 кило, и отстояніе ея центра тяжести отъ точки вращенія въ плечѣ равнымъ 25 см., а радіусъ головки плечевой кости въ 2 см., то работу мышцы, удерживающей руку въ горизонтальномъ положеніи можно безъ всякой натяжки приравнять дѣйствію груза *p* (рис. 33), перекинутого черезъ блокъ и уравновѣшивающаго грузъ въ 3 кило на концѣ горизонтальнаго выступа *ab* изъ блока, длиною въ 25 см. Если при этомъ радіусъ блока равенъ 2 см., то условіе равновѣсія выразится уравненіемъ

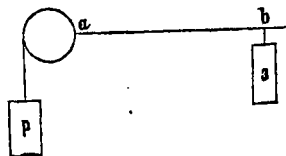


Рис. 33.

$$p \cdot 2 = 3 \cdot 25; \quad p = 37,5 \text{ кило};$$

*) При работахъ ручная кисть всегда остается передъ фронтальной плоскостью тѣла; но каждый разъ, какъ рука сильно укорачивается спереди назадъ, нижній конецъ плечевой кости, какъ это видно изъ положеній локтя, оттягиваясь къзади, очень часто заходитъ за фронтальную плоскость тѣла назадъ.

т.-е. сила мышечной тяги должна быть болѣе 2 пудовъ даже при условіи, когда рука нисколько не нагружена. При извѣстной уже намъ величинѣ абсолютной силы мышцъ (8 кило на 1 кв. см.), такая работа требуетъ толщины мышцы около 5 кв. см. въ поперечномъ разрѣзѣ; слѣдовательно для передвиженій вытянутой руки безъ груза наши мышцы сильны даже съ избыткомъ. Но стоитъ отяготить вытянутую горизонтально руку на ея концѣ, напр. грузомъ въ 3 кило, тогда мышцѣ придется уравнивать грузъ $= 3.25 + 3.55 = 240$ кило.

Нѣтъ сомнѣній, что и при этомъ наши мышцы будутъ работать рядомъ съ сильными; но специальная ихъ функція заключается, я полагаю, въ томъ, чтобы выводить руку изъ покоя и ставить ее не нагруженной въ то или другое исходное положеніе, съ котораго начинаются трудныя рабочія движенія.

На этомъ основаніи можно уже сказать напередъ, что мышцы второй группы двигаютъ плечевую кость въ тѣхъ же направленіяхъ, что и двигатели 1-й группы, съ прибавкой лишь одного движенія—оттягиванія нижняго конца этой кости прямо назадъ.

Если къ 4 мышцамъ сильной группы присоединить изъ 1-й *m. infraspinatus*, то оказывается, что плечо окружено почти сплошь широкимъ поясомъ мышцъ,—незанятымъ остается лишь небольшой участокъ вокругъ сустава, между большой грудной мышцей и широкой спинной, соотвѣтствующій подмышечной ямкѣ. Спереди началомъ пояса служитъ большая грудная мышца, а задній конецъ его составляютъ, по порядку сверху внизъ *mm. infraspinatus*, *teres major* и *latiss. dorsi*. Середину же пояса составляетъ часть большой грудной мышцы, родящаяся отъ внутренняго конца ключицы, и дельтовидная мышца. Последняя начинается своимъ неподвижнымъ при движеніяхъ плечевой кости концомъ отъ всей остальной части ключицы и, переходя съ нея на округлую часть отростка лопатки, т. наз. *acromion*, придаетъ своимъ тѣломъ округлость плечу спереди и снаружи.

На рис. 34 въ *A* изображено правое плечо спереди: *a*—большая грудная мышца; *b*—часть ея, отходящая отъ ключи-

цы; *c* — *m. deltoides*. *B* — то же плечо сзади; *f* изображает ость лопатки; подъ ней отъ всей задней поверхности лопатки, за исключеніемъ самаго нижняго конца, идетъ *infraspinatus*, и равнодѣйствующая его тягъ изображена стрѣлкой *m*; ниже этой мышцы отъ лопатки къ плечевой кости идетъ *teres major*, но на рис. онъ не представленъ, потому что его конецъ у плечевой кости совпадаетъ по направлению съ концомъ широкой спинной мышцы *abcd*. Въ *e* обозначены контуры *glutaei maximi* и направление его волоконъ—это уже двигатель ноги.

Если признать за дельтовидной мышцей способность сокращаться отдѣльными пучками, то уже дѣятельностью однихъ 4 мышцъ 2-й группы могутъ быть произведены всѣ рабочія движенія плечевой кости. Такъ, сокращеніемъ наиболѣе наружныхъ пучковъ *deltoidei* рука изъ висячаго положенія поднималась бы почти во фронтальной плоскости прямо вверхъ; среднія части мышцы поднимали бы ее прямо впередъ; наиболѣе внутреннія — впередъ и внутрь; ключичная часть (*b*) большой грудной дѣйствовала бы въ послѣднемъ направленіи еще болѣе кнутри, и, наконецъ, равнодѣйствующая большой грудной притягивала бы отведенную плечевую кость кнутри, или опускала бы въ томъ же направленіи поднятую надъ горизонтомъ. Такимъ же образомъ, но съ отведеніемъ локтя сзади, дѣйствовали бы большая круглая мышца и широкая спинная. Механизмъ оттягиванія локтя сзади дѣйствіемъ послѣднихъ двухъ мышцъ не могъ быть изображенъ на рисункѣ, но онъ сразу становится понятенъ, если принять въ соображеніе, что неподвижные концы обѣихъ мышцъ лежатъ сзади отъ фронтальной плоскости тѣла, а передніе (при висячемъ

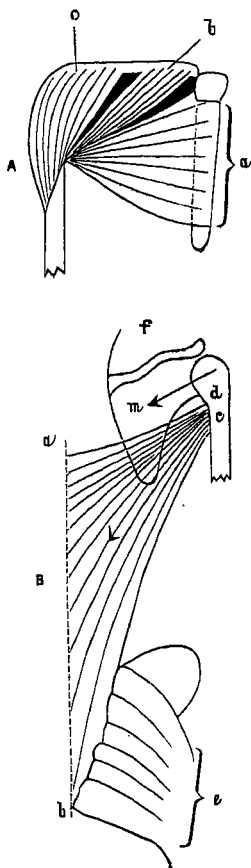


Рис. 34.

положеніи руки) подвижные --кпереди отъ нея. Понятно далѣе, что при сравнительно большомъ отстояніи послѣднихъ отъ локтя волокнамъ мышцъ достаточно укоротиться, на примѣръ, на полвершка, чтобы локоть зашелъ за фронтальную плоскость на четверть. Что касается, наконецъ, до вращеній плечевой кости вокругъ продольной оси, то специальныхъ вращателей для нея въ родѣ мышцъ, дѣйствующихъ такимъ образомъ на лучевую кость (т.-е. *supinatores* и *pronatores*), нѣтъ ни единого между 8 двигателями плеча; но съ другой стороны между ними нѣтъ почти ни единой мышцы, дѣйствія которой не осложнялись бы вращеніями плечевой кости вокругъ продольной оси. Наиболѣе ясно сказывается такое дѣйствіе, при висячемъ положеніи руки, на слѣдующихъ мышцахъ: *infraspinat.*, *subscapularis*, *teres major* и *latiss. dorsi*. Первые двѣ можно разсматривать, какъ пару антагонистовъ; *m. infraspinatus* вращаетъ плечевую кость изнутри наружу, а остальные три — въ обратную сторону.

Въ заключеніе нѣсколько словъ о силѣ мышцъ, облегающихъ плечо, и нѣсколько примѣровъ участія ихъ въ тяжелыхъ ручныхъ работахъ.

Изъ всѣхъ мышцъ сильнаго плечевого пояса дельтовидная должна быть сильнѣе всѣхъ прочихъ, потому что ей одной (иногда вмѣстѣ съ *supraspinat.* слабого пояса) приходится, поднимая длинный тяжелый рычагъ руки, дѣйствовать наперекоръ тяжести, тогда какъ рабочимъ движеніямъ остальныхъ мышцъ плеча тяжесть не препятствуетъ или даже помогаетъ; кромѣ того работаютъ онѣ обыкновенно не въ одиночку, а группами. Въ виду этого, крайне страннымъ кажется то обстоятельство, что между всѣми мышцами сильнаго пояса именно дельтовидная прикрѣплена своимъ подвижнымъ концомъ къ рычагу наименѣе выгодно для дѣйствія силы — прикрѣплена подъ болѣе острымъ угломъ, чѣмъ всѣ остальные мышцы. Такое внутреннее противорѣчіе въ устройствѣ двигателя разрѣшается, по мнѣнію Гаутона, ссылающагося въ этомъ отношеніи на Альбинуса, тѣмъ, что дельтовидная мышца человѣка состоитъ изъ 7 отдѣльныхъ перистыхъ пучковъ, т.-е. представляетъ мышцу несравненно болѣе сильную, чѣмъ можно судить по величинѣ ея поперечнаго разрѣза.

Другую странность представляет широкая спинная мышца, несомненно принадлежащая по большому числу составляющих ее волоконъ къ разряду очень сильныхъ. Ради чего растянута эта мышца своимъ неподвижнымъ концомъ по всей длинѣ спинной и поясничной части позвоночника? Отвѣтъ на этотъ вопросъ заключается, я думаю, въ слѣдующемъ. Эта мышца должна удовлетворять двумъ требованіямъ: быть сильной для многихъ случаевъ укороченія руки (такой крайній примѣръ будетъ описанъ ниже) и быть въ то же время легко растяжимой, чтобы не мѣшать прямому подниманію руки вверхъ. Богатство ея волокнами удовлетворяетъ первому требованію, а пластинчатая форма распластаннаго конца и большая длина волоконъ соотвѣтствуютъ второму. Въ самомъ дѣлѣ, при поднятіи руки прямо вверхъ лопатка ворочается своимъ нижнимъ концомъ наружу, слѣдовательно, мало растягивается большая круглая мышца и всѣ мускулы, идущіе съ лопатки на плечевую кость; но сильно растягивается широко распластанныя большая грудная и широкая спинная (это прямо чувствуется на ошупь натяженіемъ передней и задней стѣнки подмышечной ямки), особенно же нижняя половина послѣдней, съ наиболѣе длинными волокнами. Понятно, что мало растяжимыя мышцы мѣшали бы поднятію руки.

Примѣромъ одновременнаго дѣйствія всѣхъ мышцъ плеча можетъ служить случай тетаническаго сокращенія ихъ при держаніи отвѣсно вытянутою рукою большихъ тяжестей. При этомъ вывиху головки плечевой кости изъ сустава внизъ противодействуютъ, правда, суставная скрѣпа атмосфернымъ давленіемъ и сильная верхняя связка плеча (*lig. humeri super.*); но атмосферная скрѣпа не превышаетъ здѣсь 25 ф., да и связка недостаточно сильна, чтобы выдерживать грузъ въ 10 пуд., поднимаемый гимнастами. Понятно, слѣдовательно, что главными дѣятелями противъ вывиха являются на первомъ мѣстѣ тяги мышцъ, отходящихъ къ плечевой кости отъ неподвижныхъ частей туловища (*pector. maj.* и широкая спинная), а на второмъ мѣстѣ дельтовидный мускулъ, родящійся отъ плечевой вилки (т.-е. ключицы и лопатки), которая, въ свою очередь, должна быть устойчиво фиксирована мышцами (см. ниже) снизу вверхъ, такъ какъ при ея неустойчивости въ этомъ на-

правленіи дельтовидная мышца не имѣла бы твердой опоры для дѣйствія ея тяги снизу вверхъ.

Разобранный случай, съ небольшими измѣненіями, можетъ служить вообще примѣромъ устойчивости руки въ плечѣ какъ противъ вліяній, оттягивающихъ ее отъ туловища, такъ и дѣйствующихъ въ обратномъ направленіи, — послѣднее, конечно, въ случаяхъ, когда давленіе на обѣ руки можетъ способствовать вывиху головки внизъ.

Примѣромъ этого можетъ служить случай, когда человекъ, упираясь руками въ тяжелый подвижный грузъ (напр., стоящій на рельсахъ вагонъ), работаетъ ногами съ цѣлью сдвинуть его. При этомъ рабочій сгибаетъ обыкновенно туловище въ тазобедренныхъ суставахъ почти подъ прямымъ угломъ и вытянутыя руки его лежатъ почти въ плоскости спины. Сгибанію рукъ въ локтяхъ противодействуютъ трехглавыя мышцы, и работа ихъ тогда очень легка, потому что результирующія давленій проходятъ или черезъ ось локтевого сгиба, или въ непосредственной близости отъ оной. Давленіе обрушивается теперь главнымъ образомъ на плечи и при описанномъ наклонномъ положеніи туловища оно могло бы произвести вывихъ головки внизъ, если бъ этому не препятствовали мышцы, окружающія плечевой суставъ.

Очень поучительно далѣе сопоставленіе двухъ случаевъ работы распиливанія дерева: однимъ пильщикомъ, ведущимъ пилу горизонтально, и двумя, изъ которыхъ одинъ стоитъ на распиливаемомъ деревѣ, а другой внизу. Для перваго случая практика выработала пилу, рѣжущую дерево какъ при укороченіи, такъ и при удлиненіи пилящей руки, свидѣтельствуя этимъ, что при передвиженіяхъ ручной кисти въ горизонтальной плоскости оба движенія ея взадъ и впередъ (т.-е. переменныя отклоненія локтя назадъ и впередъ, съ переменными же сгибаніями и разгибаніями руки въ локтѣ) равнозначны по силѣ. Если бы послѣднее было справедливо и для втораго случая, то пила рѣзала бы при обоихъ движеніяхъ, вверхъ и внизъ, потому что это значительно ускорило бы работу распиливанія. Но практика дала иное. По самому расположенію зубьевъ, пила можетъ рѣзать только при движеніяхъ внизъ, значить, работаетъ медленнѣе и съ нѣкоторой бесполезной за-

тратой силы на подъемы пилы вверхъ. Объясняется же это очень просто тѣмъ, что при одинаковой нагрузкѣ свободного конца руки подниманіе ея вверхъ несравненно труднѣе опусканія внизъ, вслѣдствіе чего работа пиленія въ одномъ направленіи оказывается все-таки болѣе выгодной, чѣмъ работа въ обоихъ.

Вообще же, насколько въ рабочихъ движеніяхъ участвуютъ, при неподвижности туловища, сильныя плечевыя тяги, возможный максимумъ ихъ дѣйствія опредѣляется степенью устойчивости опоры для работающихъ мышцъ. Представимъ себѣ, на примѣръ, случай, когда человѣкъ стоя тянетъ поднятыми вверхъ руками перекинутую черезъ блокъ веревку съ грузомъ. Дѣйствіемъ ручныхъ мышцъ поднятіе груза возможно лишь до тѣхъ поръ, пока вѣсъ его меньше вѣса тѣла, ибо въ противномъ случаѣ поднималось бы вверхъ, несмотря ни на какія усилія со стороны мышцъ, тѣло человѣка, а не грузъ. Если допустить, что дѣйствующие при этомъ опускатели локтей и сгибатели рукъ въ локтяхъ работаютъ поровну, то на долю плечевыхъ тягъ каждой руки пришлось бы очень легкая, сравнительно съ ихъ силою, работа поднятія $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ пудовъ, особенно если блокъ съ большимъ радіусомъ.

Въ работахъ, связанныхъ съ укороченіемъ рукъ въ горизонтальной плоскости, дѣйствіе плечевыхъ тягъ можетъ достигать большей величины, потому что человѣкъ способенъ дѣлать изъ разставленныхъ ногъ и туловища очень устойчивыя опоры (см. ниже движенія ногъ и туловища) противъ паденія впередъ.

Ниже будутъ приведены дальнѣйшіе примѣры дѣйствія плечевыхъ тягъ, когда пойдетъ рѣчь о совмѣстной работѣ ихъ съ тягами предплечія.

Послѣднее, вмѣстѣ съ кистью руки, участвуетъ въ работахъ движеніями двоякаго рода: перемѣщеніями при сгибаніи и разгибаніи въ локтѣ и вращеніями вокругъ продольной оси; соотвѣтственно этому, мы начнемъ съ описанія тягъ сгибателей и разгибателей.

По штату, для сгибанія и разгибанія руки въ локтѣ, было бы достаточно двухъ мышцъ, и такими штатными мышцами являются: какъ сгибатель—*brachialis int.*, какъ разгибатель—

трехглавая мышца. Последняя, отходя своей длинной головкой от лопатки, можетъ, правда, участвовать, вмѣстѣ съ большой круглой мышцей и широкой спинной, въ отведеніи локтя назадъ; но въ этомъ движеніи мышца работаетъ одною своею частью, тогда какъ въ разгибаніи руки въ локтѣ она дѣйствуетъ цѣликомъ (вмѣстѣ съ частью, называемой *anconeus quartus*).

Обѣ мышцы я назвалъ штатными по той причинѣ, что, прикрѣпляясь своими нижними концами къ локтевой кости, онѣ могутъ производить только сгибаніе и разгибаніе руки и неизмѣнно участвуютъ въ этихъ движеніяхъ члена, каково бы ни было положеніе ручной кисти; тогда какъ прибавочные сгибатели руки въ локтѣ не суть, во-первыхъ, чистые сгибатели, во-вторыхъ, участвуютъ въ сгибаніи въ зависимости отъ величины укороченія и отъ положенія ручной кисти. Этихъ прибавочныхъ сгибателей три: двуглавая мышца, *supinator longus* и *pronator teres*—всѣ три, прикрѣпляющіяся своими нижними концами къ лучу, а верхними—къ костямъ надъ локтевымъ суставомъ. При свободномъ висѣющемъ положеніи руки большимъ пальцемъ впередъ первое дѣйствіе ихъ на лучъ вращательное—двуглавый мускулъ и *supinator longus* вращаютъ его наружу, а *pronator teres*—внутрь, сгибаніе же руки въ локтѣ наступаетъ уже послѣ того, какъ вращеніе луча въ ту или другую сторону закончено, а мышца продолжаетъ сокращаться *). Отсюда уже понятно, что въ случаяхъ, когда человѣку приходится сильно сгибать руку въ локтѣ, въ сгибаніи ея могутъ участвовать рядомъ съ штатнымъ *brach. int.* всѣ три прибавочныя мышцы, особенно, когда при этомъ ручная кисть фиксирована неподвижно (когда, наприм., человѣкъ, охвативъ ручной кистью неподвижную, тонкую перекладину, подтягиваетъ къ ней свое тѣло укороченіемъ руки). Понятно далѣе, что сгибательное дѣйствіе всѣхъ трехъ мышцъ зависитъ отъ того, что, при значительной длинѣ ихъ, на вращеніе луча идетъ не вся величина ихъ укороченія, а лишь часть ея (для

*) Когда человѣкъ хочетъ похвастаться сильнымъ развитіемъ двуглавой мышцы, ладонь согнутой въ кулакъ руки онъ ставитъ (дѣйствіемъ мышцъ, вращающихъ лучъ наружу) впередъ, потому что при сильномъ сокращеніи двуглавой мышцы она не можетъ не повернуть луча въ этомъ направленіи.

двуглавой мышцы наименьшая). Наконецъ, изъ всего сказаннаго несомнѣнно слѣдуетъ, что даже въ случаѣ, если сгибаніе производится двумя мышцами—*brach. int.* и двуглавой, сгибатели все-таки оказываются сильнѣе единственнаго разгибателя, трехглавой мышцы.

Вопросъ о работѣ вращателей предплечія самихъ по себѣ представляетъ мало интереса, потому что едва ли не единственный примѣръ рабочаго движенія, гдѣ они дѣйствуютъ въ отдѣльности отъ прочихъ мышцъ, есть случай ввинчиванія и вывинчиванія, производимаго одною рукою. Изъ того, что винты вездѣ нарѣзываются такимъ образомъ, что ввинчиваніе правою рукою производится вращеніемъ ея по часовой стрѣлкѣ, выходило бы, что вращатели руки наружу сильнѣе дѣйствующихъ въ обратномъ направленіи, такъ какъ ввинчивать труднѣе, чѣмъ вывинчивать. Но это, конечно, предположеніе, пока нѣтъ прямыхъ опытовъ. Гораздо интереснѣе вопросъ о совмѣстномъ дѣйствіи вращателей съ двигателями кисти въ ея сочлененіи съ предплечіемъ.

Изъ анатоміи извѣстно, что двигателей кисти въ ея дуо-осномъ суставѣ съ предплечіемъ 6, вмѣсто штатныхъ 4, и прикрѣплены ихъ нижніе концы къ основанію кисти тремя симметричными парами въ отношеніи ладонной и тыльной поверхности кисти. Двѣ пары по бокамъ: одна со стороны локтевой кисти—*flexor* и *extens. carpi ulnaris*, другая со стороны луча—*flex.* и *extens. carpi radial.*, а третья пара посрединѣ между ними—*palmaris* и *extens. carpi radial. brevis*. Первые четыре мышцы суть штатныя, а послѣднія двѣ суть усиливатели сгибаній и разгибаній кисти въ ладонной поверхности. Сокращаясь попарно:

flex. uln. + *flex. radial.*,

ext. uln. + *ext. radial.* сгибаютъ и разгибаютъ кисть въ ладонной поверхн.:

flex. uln. + *ext. uln.*,

flex. rad. + *ext. rad.* сгибаютъ и разгибаютъ кисть въ плоск. перпенд. къ поверхн. ладони.

Если принять во вниманіе, что эти 6 мышцъ, взятыя вмѣстѣ, представляютъ сильную тягу по оси предплечія, а между тѣмъ въ работахъ имъ никогда не приходится передвигать большихъ грузовъ, то становится понятнымъ, что онѣ представляютъ, главнымъ образомъ, мышечную скрѣпу для ручной кисти съ вышележащими частями руки противъ тягъ по продольной оси послѣдней (напр., при подниманіи большихъ тяжестей). Съ этой же точки зрѣнія, становится интереснымъ и понятнымъ то обстоятельство, что всѣ шесть мышцъ прикрѣпляются своими верхними концами не къ костямъ предплечія, а къ плечевой кости: черезъ это даже при сильныхъ тягахъ на руку съ ручной кисти, двигатели руки въ локтевомъ суставѣ остаются сравнительно свободными въ своихъ движеніяхъ. Безъ этого условія сгибателямъ и разгибателямъ руки въ локтѣ, равно какъ вращателямъ луча, приходилось бы въ самомъ дѣлѣ работать какъ скрѣпамъ, а не какъ двигателямъ.

Понятно однако, что когда ручная кисть слабо или вовсе не отягощена, наши шесть мышцъ работаютъ, какъ двигатели ея, въ указанныхъ выше направленіяхъ; а, сочетаясь съ вращателями ручной кисти (или луча) около продольной оси, дѣйствуютъ какъ тяги шарового сустава.

Вращателей луча, какъ извѣстно, 5, вмѣсто штатныхъ 2. Изъ нихъ 3, описанные уже выше (*biceps*, *pronat. teres* и *supin. long.*), рождаются верхними концами отъ лопатки и плечевой кости, а послѣдніе два, *pronator quadratus* и *supinat. brevis*,—отъ локтевой кости. Первые три кромѣ вращенія луча производятъ сгибаніе руки въ локтѣ, а послѣдніе два суть чистые вращатели, и притомъ очень сильные, въ виду направленія ихъ волоконъ относительно оси вращенія луча. Но это еще не все—всю верхнюю конечность, а слѣдовательно, и ручную кисть вращаютъ около продольной оси многія изъ двигателей плечевой кости, насколько ихъ прямое дѣйствіе осложняется вращательными слагаемыми на эту кость. Чѣмъ же объяснить такое обиліе вращателей? Конечно тѣмъ, что благодаря таклму обилію двигателей, за ладонной поверхностью ручной кисти обезпечены: въ трудныхъ работахъ—опредѣленное устойчивое опооженіе въ пространствѣ, а при легкихъ работахъ—наиболѣе разнообразное перемѣщеніе. Когда, напримѣръ, въ трудной работѣ руч-

ная кисть, сжатая въ кулакъ, охватываетъ имѣющій передвигаться внѣшній предметъ и рука при этомъ укорачивается и удлиняется или спереди назадъ или сверху внизъ; то для ручной кисти самое удобное положеніе по чувству есть то, въ которомъ она обращена ладонью прямо во внутрь, къ туловищу. Менѣе удобное, но все еще очень частое при работахъ, — это положеніе кисти ничковое (пронаторное); и наименѣе удобно — обратное послѣднему (супинаторное). Если бы поэтому съ дѣятельностью мышцъ, производящихъ укороченія и удлиненія руки, были связаны вращательныя слагаемыя (а онѣ, какъ мы знаемъ, есть) на плечевую кость и на лучъ, выводящія ладонь изъ удобнаго положенія въ ту или другую сторону, то этимъ причинялся бы существенный ущербъ работѣ. Наоборотъ, укороченія и удлиненія руки, связанныя съ такими вращеніями, которыя были бы согласны по направленію съ наиболѣе выгоднымъ положеніемъ ладони, были бы выгоднѣе для работы — она шла бы ловчѣе. Въ этомъ смыслѣ, главными устойчивыми опорами ручной кисти противъ вредныхъ для работы вращательныхъ вліяній служатъ наиболѣе сильныя изъ вращателей луча — *supinator brevis* и *pronator quadratus*. Сокращенія этихъ мышцъ конечно, достаточно, чтобы парализовать, наприм., при пиленіи дровъ, дѣйствіе вращательныхъ слагаемыхъ всѣхъ трехъ сгибателей руки въ локтѣ и плечевыхъ отводчиковъ локтя назадъ; тѣмъ болѣе, что они должны до извѣстной степени нейтрализовать другъ друга, ибо при дѣйствіи плечевыхъ тягъ перевѣшиваютъ вращенія всей руки (около продольной оси) снаружи внутрь, а при дѣйствіи локтевыхъ сгибателей перевѣшиваютъ вращательныя слагаемыя обратнаго направленія: *biceps + supinator longus + extensor carpi radialis longus* (послѣдній, по *Герм. Мейеру*) надъ *pronator teres*. Такимъ образомъ, можно утверждать, съ очень большою вѣроятностью, что главная функція обоихъ короткихъ вращателей луча заключается въ томъ, чтобы держать устойчиво ладонную поверхность ручной кисти, не мѣшая прочимъ мышцамъ руки производить какія угодно трудныя работы. Группа *biceps + supinat. long. + pronat. teres*, какъ вращатели луча лишь въ начальныхъ стадіяхъ сокращенія, представляетъ группу слабого враща-

тельного дѣйствія и, сочетаясь съ дѣятельностью прочихъ двухъ группъ, можетъ служить коррективомъ для дѣйствія послѣднихъ. Этой же группѣ удобнѣе, чѣмъ другимъ, сочетать свои вращенія съ перемѣщеніями евоободной ручной кисти (т.-е. при легкихъ работахъ) въ ея двусномъ сочлененіи съ предплечіемъ; потому что тонкія передвиженія ручной кисти, соотвѣтствующія перемѣщеніямъ изъ шарового сустава, не требуютъ сильныхъ вращательныхъ тягъ и происходятъ обыкновенно безъ всякаго участія движеній плечевой кости. Наконецъ, вращательнымъ слагаемымъ плечевыхъ тягъ можетъ быть приписано лишь слѣдующее значаніе: онѣ измѣняютъ, но временно, преходящимъ образомъ, положеніе оси локтевого блока.

Чтобы покончить съ сложными рабочими движеніями руки, мнѣ остается описать совмѣстное дѣйствіе мышцъ плеча и предплечія въ актахъ укороченія и въ круговыхъ движеніяхъ этой конечности.

Механизмъ укороченія руки сверху внизъ (напр. при подниманіи тяжестей веревкой, перекинутой черезъ блокъ) былъ описанъ выше. Укороченіе же въ обратномъ направленіи (напр. подниманіе тяжестей рукою, опущенной внизъ) можетъ происходить, при неизмѣнномъ дѣйствіи сгибателей руки въ локтѣ, на нѣсколько ладовъ, смотря потому, сопровождается ли это сгибаніе поднятіемъ плечевой вилки вверхъ и бѣльшими или меньшими отклоненіями локтя назадъ и наружу. Понятно, что въ послѣднемъ случаѣ, уже потому, что работаетъ большее число мышцъ, результирующая тяга сильнѣе; тѣмъ болѣе, что въ поднятіи и отведеніи локтя кзади и наружу работаютъ очень сильныя мышцы (*deltoid*, и *latiss. dorsi*) и сильныя же поднимаютъ плечевую вилку вверхъ.

Механизмъ укороченія руки въ горизонтальной плоскости спереди назадъ изображенъ на приложенной схемѣ (рис. 35). Если вытянутая рука oo' имѣетъ поднимать черезъ блокъ тяжесть p , то для этого было бы достаточно одной тяги bm , дѣйствующей изъ неподвижной точки m по направленію стрѣлки—было бы достаточно сокращенія большой круглой мышцы и верхней части широкой спинной. Оттягивая локоть o' внизъ и кзади, онѣ сгибали бы руку въ локтѣ и сближали бы между собою точки a и b' на плечѣ oo'' и предплечіи $o''c$.

Представимъ себѣ далѣе, что между этими точками былъ за-
ранѣ натянутъ эластическій тяжъ ab' и пущенъ сокращаться
вслѣдъ за началомъ
дѣйствія тяги mb .
Тяжъ этотъ представ-
лялъ бы одного изъ
сгибателей руки въ
локтѣ и, въ свою оче-
редь сближая между
собою точки a и b ,
способствовалъ бы
дальнѣйшему оттяги-

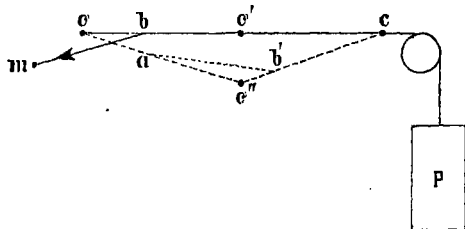


Рис. 35.

ванію локтя внизъ и кзади. Если же къ этимъ мышцамъ при-
соединилось бы сокращеніе *m. supraspinati* и наиболѣе наруж-
ныхъ волоконъ *deltoidei*, отводящихъ локоть наружу, съ подня-
тіемъ его, то локоть оттягивался бы назадъ безъ опусканія.

Изъ этого описанія дѣлается уже понятнымъ, какъ проис-
ходитъ укороченіе руки во всѣхъ направленіяхъ промежуточ-
ныхъ между описанными тремя, сверху внизъ, снизу вверхъ
и въ горизонтальной плоскости спереди назадъ; — когда, напр.,
ручная кисть, вертящая колесо, двигаясь по кругу, попере-
мѣнно то укорачивается, то удлиняется, съ попере-
мѣннымъ же поднятіемъ и опусканіемъ ручной кисти вверхъ и
внизъ.

Механизмъ активного удлиненія
руки я опишу для случая верченія
рукою колеса. На приложенной схе-
мѣ (рис. 36) верченіе это предпола-
гается производящимся правою ру-
кою въплоскости параллельной сагит-
тальной плоскости тѣла.

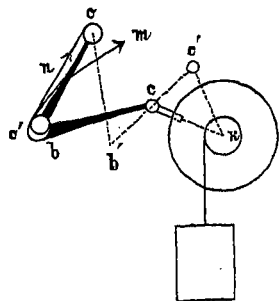


Рис. 36.

Въ томъ же рисункѣ изображены
два послѣдующія положенія выпрям-
ляющейся руки abc и $ob'c'$ въ пер-
вую половину ея удлиненія.

Первоначально дѣйствуетъ на плечевую кость тяга m , т.-е.
всѣ мышцы, перемѣщающія локоть впередъ; и тяга эта, дви-
гаясь съ рукояткой колеса ручную кисть по дугѣ круга впередъ

и вверхъ, будетъ очевидно уменьшать уголъ bck и растворять уголъ $oo's$; а противодействующій грузъ будетъ стремиться понижать c и, отодвигая локоть назадъ, измѣнять раствореніе обоихъ угловъ въ обратную сторону. Если бы при этомъ стала дѣйствовать тяга n трехглаваго разгибателя локтя отъ неподвижной точки o къ подвижной b (olecranon ulnae), то она не только не помогала бы тягѣ m , но даже противодействовала бы ей, стремясь понизить c и растворять уголъ bck , т.-е. дѣйствовала бы согласно съ грузомъ. Въ этотъ періодъ удлиненія руки тягѣ переднихъ плечевыхъ мышцъ (m) скорѣе помогали бы сгибатели руки въ локтѣ, противодействуя растворенію угла bck .

Но во вторую половину удлиненія руки, отъ c къ c' (рис. 37) разгибатель уже оказываетъ существенную помощь тягѣ m .

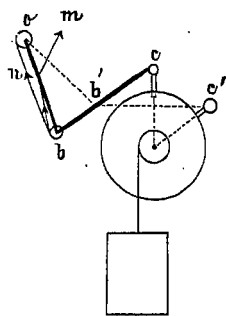


Рис. 37.

Такъ, въ положеніи руки obc , при перемѣщаемся впередъ локтѣ, тяга груза, стремясь вращать c назадъ, будетъ стремиться согнуть руку въ локтѣ, слѣдовательно тяга разгибателя n будетъ уже оказывать положительную услугу. Въ дальнѣйшемъ же перемѣщеніи колеса разгибатель локтя передвигаетъ конецъ руки c впередъ уже независимо отъ тяги m .

Въ заключеніе опишу случай, въ которомъ двигатели рукъ производятъ очень тяжелую работу, дѣйствуя въ направленіи,

такъ сказать, обратномъ обыкновенному, притягивая тѣло къ неподвижному внѣшнему предмету, а не наоборотъ. Я разумѣю форму гимнастическаго упражненія, въ которой человекъ, ухватившись кистями вытянутыхъ кверху рукъ за горизонтально укрѣпленную перекладину, подтягиваетъ къ ней свое тѣло вверхъ. Здѣсь неподвижными точками служатъ кисти рукъ и тяги всѣхъ работающихъ мышцъ направляются отъ нихъ къ туловищу—съ предплечія на *brachium*, съ послѣдняго на туловище.

Механизмъ поднятія передаетъ наглядно и лишь съ несущественными отступленіями отъ дѣйствительности слѣдующая схема (рис. 38 и 39). На неподвижно укрѣпленныхъ въ точкахъ a и a'

рычагахъ, съ шарнирами въ b, c и d, b', c' и d' , допускающими сгибаніе рычаговъ въ плоскости бумаги, висить грузъ P . Если грузъ этотъ поднимать вверхъ рукою, то рычаги начинаютъ

сгибаться въ c и c' , съ расхожденіемъ этихъ точекъ въ стороны, и углы bcd и cde , по мѣрѣ восхожденія груза, изъ разверстыхъ дѣлаются все болѣе и болѣе острыми. Положеніе частей въ

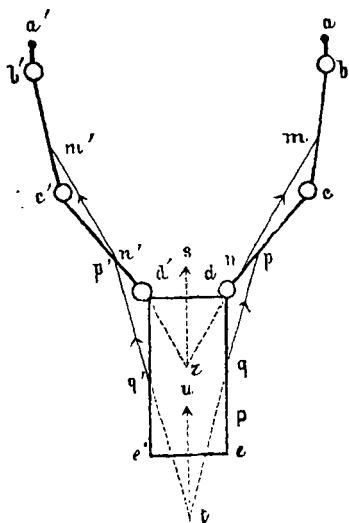


Рис. 38.

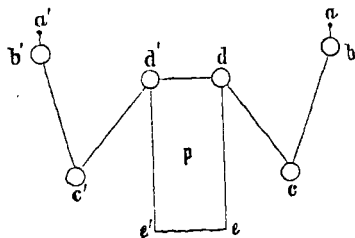


Рис. 39.

концѣ движенія передаетъ рис. 39. Чтобы перейти отъ этой схемы къ дѣйствительности (рис. 38), стоитъ только представить себѣ укрѣпленные концы рычаговъ (т.-е. кисти рукъ на перекладинѣ) сближенными болѣе, чѣмъ на расстояние dd' (т.-е. ширину плечъ), и сгибаніе ихъ въ c и c' (т.-е. въ локтяхъ) происходящимъ не въ плоскости бумаги, а въ плоскости почти перпендикулярной къ ней; и наконецъ, подталкиваніе груза постороннею рукою снизу вверхъ замѣненнымъ дѣйствіемъ тягъ (т.-е. мышцъ) mn и $m'n'$, pq и $p'q'$, дѣйствующихъ сверху внизъ и дающихъ равнодѣйствующія rs и tu снизу вверхъ. Легко понять, что тяжами mn и $m'n'$ будутъ сгибатели рукъ въ локтяхъ, а тяжами pq и $p'q'$ —главнымъ образомъ широкія спинныя мышцы. На подъемное дѣйствіе обѣихъ тягъ можно смотрѣть еще слѣдующимъ образомъ. Грузъ стремится держать углы bcd и $b'c'd'$, cde и $c'd'e'$ во все время поднятія разверстыми, а тяги стягиваютъ ихъ все болѣе и болѣе, такъ что наконецъ съ каждой стороны тулови-

ще оказывается прижатымъ къ brachium, а послѣднее къ предплечію. Предплечіе почти не измѣняетъ своего положенія въ пространствѣ, а brachia, вмѣстѣ съ висѣющимъ на ихъ концахъ туловищемъ, описываютъ изъ локтевого сгиба, какъ центра, уголъ чуть не въ 180° . При этомъ самая тяжелая работа падаетъ на середину высоты поднятія, когда уголъ между плечомъ и предплечіемъ дѣлается прямымъ, потому что плечо груза достигаетъ тогда наибольшей длины. Для этого момента оно было бы равно по меньшей мѣрѣ 25 см., если бы туловище съ ногами висѣло во все время поднятія отвѣсно. Но этого не бываетъ. Гимнастъ, подпрыгивая въ началѣ поднятія, держать ноги нѣсколько согнутыми впередъ въ тазобедренныхъ суставахъ, да и самъ тазъ, подъ вліяніемъ сокращенія широкихъ спинныхъ мышцъ подается впередъ. Вслѣдствіе связаннаго съ этимъ перемѣщенія центра тяжести тѣла впередъ, плечо дѣйствія груза значительно укорачивается. Если принять наибольшую длину его во время поднятія въ 20 см., а среднюю длину плечъ всѣхъ сгибателей руки въ локтѣ въ 4 см., то, при вѣсѣ поднимаемаго тѣла въ 70 кило, мы получили бы для величины мышечной тяги сгибателей каждой руки, уравнивающей висѣющій на ней грузъ

$$x = \frac{35 \times 20}{4} = 175 \text{ кило, или } 11 \text{ пудовъ.}$$

Для не-гимнаста это есть случай, когда локтевымъ сгибателямъ приходится работать изъ всѣхъ силъ.

Участіе ключицы и лопатки въ движеніяхъ руки. Разсматривая движенія руки, мы молча принимали плечевой суставъ неподвижнымъ въ пространствѣ, чего въ дѣйствительности почти никогда не бываетъ. Головка плечевой кости сочленена, какъ извѣстно, съ лопаткой подвижно связанной съ ключицей, которая въ свою очередь подвижна (во всѣ стороны) въ ея суставѣ съ грудинной костью. Когда человѣкъ поводитъ, какъ говорится, плечомъ вверхъ, внизъ, впередъ и назадъ, движенія эти производятся плечевой вилкой, т.-е. лопаткой и ключицей. Когда человѣкъ, поднимая руки вверхъ, заводитъ локти за уровень плечъ, то дальнѣйшее поднятіе производится уже вращеніемъ лопатки въ ея сочлененіи съ ключицей, съ отве-

деніемъ нижняго угла лопатки наружу. Въ виду такой подвижности плечевой вилки и того обстоятельства, что отъ нея отходятъ почти всѣ мышцы, двигающія плечевой костью, она представляетъ *самый верхній членъ верхней конечности, не измѣняющій при своихъ передвиженіяхъ длины руки, но значительно увеличивающій размахи ея свободнаго конца незначительными перемѣщеніями центра вращенія головки плечевой кости въ пространство.* Упомянутыя выше перемѣщенія вилки производятся слѣдующими мышцами: m. cleido-mastoidaeus, верхняя часть cuscullaris, levator anguli scapulae и вертикальная слагаемая ромбовидной мышцы поднимаютъ плечо вверхъ; нижняя часть cuscullaris и subclavius оттягиваютъ его внизъ; средняя часть cuscullaris и горизонтальная слагаемая ромбовидной мышцы перемѣщаютъ плечо назадъ; а впередъ оно перемѣщается дѣйствіемъ большой лѣстничной мышцы; наконецъ, нижняя половина послѣдней и верхняя часть cuscullaris вращаютъ лопатку нижней верхушкой наружу.

Двигатели плечевой вилки могутъ, по самому смыслу дѣла, участвовать въ рабочихъ движеніяхъ руки на два лада: дѣйствуя двигательнo вмѣстѣ съ мышцами прочихъ членовъ конечности; или устойчиво удерживая вилку при тягахъ на нее съ двигающейся плечевой кости, или давленіяхъ и толчкахъ на нея извнѣ. По первому изъ этихъ вопросовъ достаточно будетъ сказать лишь слѣдующее: въ подвижности ключицы во всѣ стороны существуютъ условія для сочетанія ея движеній съ перемѣщеніями плечевой кости и согласно по направленію и въ противоположныхъ направленіяхъ. На второмъ же вопросѣ нельзя не остановиться. Ключица съ лопаткой образуютъ вилку, переднее колѣно которой сплошь костяное и имѣетъ твердую точку опоры въ костякѣ туловища, а заднее образовано костью лишь на половину (лопатка не доходитъ до позвоночника) и прикрѣплено къ позвоночнику лишь мышцами. Благодаря этому лопатка можетъ свободно двигаться какъ вслѣдъ за ключицей такъ и въ своемъ суставѣ съ послѣдней; но по этой же причинѣ оба колѣна вилки не могутъ быть одинаково устойчивы противъ тягъ на нее съ двигающейся плечевой кости, за исключеніемъ единственнаго случая, когда тяга совпадаетъ по направленію съ осью ключицы. Другими словами, плечевая

вилка не составляет вполне устойчивой опоры для мышц, двигающих плечевой костью: вмѣстѣ съ движеніями послѣдней вѣроятно всегда перемѣщается центръ вращенія ея головки въ пространствѣ; но перемѣщается очень незначительно, потому что костный недочетъ въ заднемъ колѣнѣ вилки восполненъ очень сильными мышечными тягами, фиксирующими лопатку, при тетаническомъ сокращеніи мышцъ, къ позвоночнику. Одинъ уже *sacullaris*, родящійся отъ всѣхъ шейныхъ и грудныхъ позвонковъ, даетъ при одновременномъ сокращеніи своихъ волоконъ могучую результирующую тягу, притягивающую лопатку прямо къ позвоночнику; и въ томъ же направленіи дѣйствуютъ, сокращаясь одновременно, два сильныхъ антагониста, ромбоидная и большая лѣстничная мышца—одна тянетъ лопатку вверхъ и внутрь, другая внизъ и внутрь.

Съ другой стороны костный недочетъ въ заднемъ колѣнѣ и связь передняго не съ позвоночникомъ, а съ грудинной костью представляетъ слѣдующую важную выгоду: благодаря такому устройству вилки давленія и толчки извнѣ на плечо хотя и передаются въ концѣ концовъ позвоночнику, но передаются смягченными черезъ ребра, т.-е. систему пружинящихся колець. Въ этомъ обстоятельствѣ и въ пружинности (гибкости) самого позвоночнаго столба вѣроятно заключается причина, почему даже толчки на плечо, сопровождающіеся переломами ключицы, не осложняются явленіями сотрясенія спиннаго мозга.

Нога, какъ рабочий органъ. У человѣка ноги связаны съ туловищемъ болѣе тѣсно, чѣмъ руки, служа, такъ сказать, продолженіемъ туловища по продольной оси тѣла и его опорой. Соотвѣтственно этому нога можетъ работать на три лада: 1) подобно рукѣ, самостоятельно, т.-е. дѣйствовать безъ прямого двигательнаго участія мышцъ туловища; 2) работать вмѣстѣ съ туловищемъ, удлиняя и укорачивая продольную ось тѣла или вращая ее въ разныхъ направленіяхъ; и наконецъ, 3) работать статически, придавая туловищу то или другое устойчивое положеніе, наиболѣе удобное для работъ мышцами другихъ частей тѣла.

*) *Supraspinatus*, *deltoideus* и *biceps brachii*, при своемъ сокращеніи не могутъ поднимать локоть выше уровня плечъ.

Прежде всего посмотримъ, насколько нога можетъ работать самостоятельно, какъ рука.

Будучи отдѣлена отъ твердой опоры, въ висячемъ положеніи, нога всѣми своими перемѣщеніями изъ этого положенія, какъ исходнаго, повторяетъ всѣ соотвѣтственныя передвиженія руки съ тою лишь разницею, что перемѣщенія ноги во всѣхъ направленіяхъ уже. Такъ, снизу вверхъ она укорачивается не больше, чѣмъ на половину своей длины; размахъ впередъ и вверхъ еще ограниченнѣе, и тоже слѣдуетъ сказать о размахѣ прямо наружу, безъ помогающаго этому движению перегиба туловища въ противную сторону. Кромѣ меньшей протяженности, рабочая сфера ноги отличается отъ ручной еще тѣмъ, что половина ея (вслѣдствіе колѣннаго сгиба назадъ) лежитъ не только впереди, но и кзади отъ фронтальной плоскости тѣла, и тѣмъ больше кзади, чѣмъ сильнѣе согнута въ колѣнѣ нога, поддерживающая туловище. Сходство руки и ноги со стороны подвижности можно доказать безъ дальнѣйшихъ разсужденій слѣдующимъ суммарнымъ образомъ. Человѣкъ, умѣющій писать, способенъ производить писательныя движенія и ногою, сидя и стоя, т.-е. согнувъ и вытянувъ ногу, притомъ съ отведеніемъ ея въ любую сторону, впередъ, назадъ и наружу. Вмѣстѣ съ этимъ правая нога, подобно правой рукѣ, пишетъ легче, чѣмъ лѣвая. Такому сходству въ движеніяхъ должно, очевидно, соотвѣтствовать и сходство какъ въ устройствѣ костныхъ рычаговъ, такъ и въ расположеніи мышечныхъ тягъ. Это мы сейчасъ и покажемъ.

Чтобы сократить описаніе, приведу въ двухъ параллельныхъ столбцахъ сходства и разницы въ устройствѣ костныхъ рычаговъ рукъ и ногъ.

Сходства.

Съ туловищемъ нога связана шаровиднымъ суставомъ; головки бедренныхъ костей приставлены къ туловищу съ боковъ, и центры вращенія ихъ лежатъ въ прямой параллельной фронтальной плоскости тѣла.

Разницы.

Суставная тазобедренная впадина значительно глубже, слѣдовательно прикрѣпленіе бедра къ тазу атмосфернымъ давленіемъ гораздо прочнѣе. Помимо массивности ноги, это устройство выгодно еще въ томъ отношеніи, что имъ часто облегчается работа мышцъ въ перемѣщеніяхъ ноги, именно тѣмъ, что нога въ этомъ суставѣ можетъ ка-

Сходства.

Въ колѣнѣ, какъ въ локтѣ, главное движеніе есть сгибаніе и разгибаніе члена; рядомъ съ этимъ возможность вращенія голени около продольной оси.

Движенія стопы въ голенно-стопномъ сочлененіи—носкомъ ноги сверху внизъ и обратно, снаружи внутрь и обратно вполнѣ повторяютъ соотвѣтственные движенія ручной кисти въ ея сочлененіи съ лучомъ.

Останавливаясь на особенностяхъ устройства колѣннаго и голенно-стопнаго суставовъ я однако здѣсь не буду—удобнѣе будетъ сдѣлать это при описаніи условій устойчивости ногъ въ суставахъ во время стоянія, иначе были бы неизбежны повторенія.

Теперь очередь за двигателями ногъ.

Если бы они, подобно мышцамъ руки, имѣли своимъ единственнымъ назначеніемъ перемѣщать въ пространствѣ свободный конецъ ноги, ступню, то слѣдовало бы ожидать большаго сходства въ мускулатурѣ той и другой конечности, т.-е. въ числѣ и расположеніи тягъ. Но на дѣлѣ между ними въ томъ и другомъ отношеніи оказывается гораздо больше различій, чѣмъ сходствъ, и объясняется это тѣмъ, что для руки во время работы неподвижной опорой служить туловище, а двигателямъ ногъ приходится работать на два лада: то изъ неподвижнаго

Разницы.

чатся на подобіе маятника, однимъ дѣйствіемъ тяжести.

Оба вида движеній, сгибаніе съ разгибаніемъ, и вращеніе голени около продольной оси, не распредѣлены, какъ въ рукѣ, между двумя костями (локтевой и лучомъ), а происходятъ между бедромъ и одной лишь берцовой костью. Притомъ вращеніе голени около продольной оси возможно только при согнутой въ колѣнѣ ногѣ. Вращенію этому препятствуетъ, въ вытянутомъ положеніи ея, натяженіе суставныхъ связокъ, а возможность двоякаго рода движеній берцовой кости опредѣляется формой соотвѣтственныхъ суставныхъ поверхностей.

Разница въ томъ, что стопа (черезъ astragalus) сочленена не съ одной, а съ обѣими костями голени, притомъ ступня можетъ еще вращаться около своей продольной оси.

таза (какъ части туловища), то изъ неподвижныхъ ступней (когда ноги служатъ опорами для туловища). Кромѣ того, мышцамъ ногъ приходится двигать несравненно болѣе тяжелыми рычагами, особенно въ случаяхъ, когда работаютъ ноги вмѣстѣ съ туловищемъ,—когда послѣднее, вмѣстѣ съ тазомъ, передвигается около движущихся или неподвижныхъ ногъ. Съ этихъ точекъ зрѣнія, мы и опишемъ главныя особенности ножной мускулатуры, начиная съ двигателей бедра, охватывающихъ тазобедренный суставъ сплошнымъ мышечнымъ слоемъ.

По нормальному штату для передвиженій бедра въ его шаровомъ суставѣ было бы достаточно 6 мышцъ: двухъ антагонистовъ для перемѣщеній изъ фронтальной плоскости впередъ и назадъ, двухъ—направо и налѣво и двухъ вращателей—около продольной оси. Въ плечѣ соотвѣтственныхъ мышцъ 8, а для бедра анатомы насчитываютъ 16 мышцъ, или по крайней мѣрѣ 16 именъ. Что же это значить? Отвѣтомъ можетъ служить предлагаемое знаменитымъ цюрихскимъ анатомомъ распредѣленіе мышцъ для висячаго положенія ноги въ 4 группы синѳергетовъ, т.-е. мышцъ одинаковаго дѣйствія, съ тремя переходными членами, т.-е. мышцами, совмѣщающими въ себѣ двигательныя свойства двухъ группъ. Вотъ это распредѣленіе.

1-я группа.	2-я группа.	3-я группа.	4-я группа.
Двигатели впередъ	Двигатели нар.	Двигали внутрь.	Вращатели нар.
mm. iliac. и psoas.	mm. glut. med. et min.	Всѣ 4 аддуктора и obtur. ext.	obt. int., due gemelli и quadr. femor.

Переходныя

между 1-й и 3-й группъ.	m. pectin.
» 2-й и 4-й »	m. pyriform.
» 3-й и 4-й »	m. glut. maxim.

Сведеніемъ 16 мышцъ на 4 группы синѳергетовъ вопросъ нашъ дѣйствительно разрѣшается, указывая на то, что 16 нумерамъ соотвѣтствуетъ не разнообразіе, а усиленіе тягъ, какъ этого и можно было ожидать а priori. Но, съ другой стороны, въ этомъ распредѣленіи бросаются въ глаза слѣдующія двѣ

странности: 1) изъ 16 мышцъ нѣтъ ни одной, которая отводила бы висячую ногу кзади, и 2) нѣтъ вращателей бедра около его оси внутрь; т.-е. при всемъ богатствѣ мышцъ недостаетъ двухъ необходимыхъ по штату двигателей. Странности эти однако лишь кажущіяся. Оттягиватели вытянутой въ колѣнѣ и висячей ноги кзади и вращатели ея внутрь есть, но они тянуть ногу съ таза не за бедро, а за голень, перекидываясь черезъ два сочлененія. Оттягиваютъ назадъ: *semimembranosus* и *caput long. bicipitis*, а вращаютъ внутрь: *semitendinosus*, *gracilis* и *sartorius*. Когда же нога согнута въ тазобедренномъ суставѣ, то и между перечисленными 16 мышцами оказывается одинъ вращатель бедра внутрь, именно вращательная слагаемая средней сѣдалищной мышцы. Дѣло въ томъ, что дѣйствіе тазобедренныхъ мышцъ измѣняется съ измѣненіемъ положенія бедра относительно таза. Такъ, при отвѣсно-висячемъ положеніи ноги, большая сѣдалищная мышца ограничивается скромной ролью вращателя ноги носкомъ наружу, производя это дѣйствіе къ тому же не въ одиночку, а вмѣстѣ съ мышцами 4-й группы; а между тѣмъ изъ всѣхъ мышцъ тѣла это самый сильный двигатель, и мощь его развивается вполне лишь при условіи, когда обѣ мышцы выпрямляютъ пригнутое къ бедрамъ туловище. То же самое слѣдуетъ сказать о странномъ для висячаго положенія ноги богатствѣ ея аддукторами. Трудныхъ работъ, которыя требовали бы сильнаго сближенія бедеръ, нѣтъ; а между тѣмъ такихъ мышцъ по 4 въ каждой ногѣ, и между ними *adductor magnus* мощный мускулъ. И здѣсь дѣло объясняется тѣмъ, что послѣдній, подобно большой сѣдалищной мышцѣ, есть разгибатель туловища въ тазобедренномъ суставѣ.

Итакъ, при помощи описанныхъ 16 мышцъ всѣ штатныя движенія бедра въ шаровомъ суставѣ (прямо, впередъ и назадъ, вправо и влево и вокругъ продольной оси) возможны.

Для передвиженій голени съ бедра было бы по штату довольно четырехъ мышцъ: двухъ антагонистовъ для сгибанія и разгибанія и двухъ для вращеній вокругъ продольной оси. Въ рукѣ соотвѣтственныхъ мышцъ 5, а въ ногѣ—9. Въ рукѣ всѣ двигатели предплечья, за исключеніемъ длинной головки трехглавой и обѣихъ головокъ двухглавой мышцы (отходящихъ

отъ лопатки), родятся отъ плечевой кости, слѣдовательно перекидываются черезъ одно локтевое сочлененіе; а изъ соотвѣтственныхъ 9 ножныхъ мышцъ 7 родятся отъ таза и только 2—трехглавый разгибатель колѣна и маленькій подколѣнный мускулъ, да одна головка *bicipitis*—отходятъ отъ бедренной кости. Другими словами, изъ 9 двигателей голени 7, перекидываясь черезъ два сочлененія, тазобедренное и колѣнное, способны двигать голенью изъ неподвижнаго таза и тазомъ изъ неподвижныхъ голеней. Въ передвиженіяхъ послѣднихъ могутъ, конечно, участвовать всѣ 9 мышцъ: *biceps femoris*, *semimembranosus*, *semitendinosus*, *sartorius*, *gracilis* и *popliteus*, какъ сгибатели ноги въ колѣнѣ; *rectus femoris* и *tensor fasciae latae*—какъ пособники *extensoris cruris* и *popliteus*, какъ вращатель вокругъ продольной оси. Ниже мы, однако, увидимъ, что сгибатели колѣна съ неподвижнаго бедра никогда не производятъ тяжелыхъ работъ; поэтому спеціальными двигателями голени сверху можно считать лишь слѣдующія 4 мышцы: *extens. crur.*, какъ разгибателя; *biceps femoris*, и *semimembranos.*, какъ сгибателей и вмѣстѣ вращателей голени въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ, и, наконецъ, *popliteus*, какъ пособника *semimembranosi* во вращеніяхъ снаружи внутрь, такъ какъ послѣдній вращаетъ голень въ свою сторону слабѣе, чѣмъ *biceps* въ противоположную. Съ другой стороны, понятно, что въ трудныхъ работахъ передвиженія таза около неподвижныхъ ногъ должны участвовать всѣ 7 мышцъ, идущихъ съ голени на тазъ, именно: *rectus femoris*, *tensor fasciae latae*, *sartorius* и *gracilis*, какъ сгибатели; *biceps*, *semitendinosus* и *semimembranosus*, какъ разгибатели (см. ниже работы туловища и ногъ) туловища.

Чтобы покончить съ двигателями голени, остается еще упомянуть о значеніи колѣнной чашки въ колѣнномъ сочлененіи. Она оказываетъ двоякую услугу. Представляя гладкую выложенную хрящомъ подкладку сухой жилы разгибателя колѣна и скользя при сгибахъ послѣдняго по гладкой же суставной поверхности между мышцами бедра, колѣнная чашка устраняетъ условія для тренія между сухой жилой разгибателя и нижнимъ концомъ бедренной кости. Представляя въ то же время утолщеніе сухой жилы разгибателя изнутри, она

увеличиваетъ уголъ, подъ которымъ тяга этой мышцы дѣйствуетъ на берцовую кость.

Итакъ, двойственная служба ногъ, движущихся то изъ неподвижнаго таза сверху внизъ, то изъ неподвижныхъ ступней снизу вверхъ, ни въ чемъ не сказывается съ такою ясностью, какъ въ двусуставныхъ двигателяхъ голени и таза, перекидывающихся черезъ колѣнное и тазобедренное сочлененія. Но для того, чтобы они могли дѣйствовать въ обоихъ направленіяхъ, необходимы слѣдующія условія: неподвижность таза для дѣйствія сверху внизъ, а при тягахъ въ обратномъ направленіи—неподвижность голени и неподвижность бедеръ въ колѣнныхъ суставахъ. Ниже будетъ показано, какими средствами достигается то и другое.

Свободная, т.-е. не опирающаяся на землю, ступня можетъ при отвѣсно-висячемъ положеніи ноги перемѣщаться въ 3-хъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостяхъ: носкомъ внутрь и наружу, вверхъ и внизъ и, наконецъ, вращаться вокругъ своей продольной оси. Первые два движенія производятся вращателями голени съ таза, а остальные четыре—6-ю голенно-стопными мышцами, изъ которыхъ двѣ пары, *tibial. antic.* + *peroneus tertius*, *tibialis postic.* + *peron. brevis*, могутъ считаться питательными двигателями, а группа икряныхъ мышцъ + *peroneus longus*—прибавочными. Первая пара, дѣйствуя разомъ, сгибаетъ ногу въ голенно-стопномъ суставѣ, а вторая—разгибаетъ ее. Вмѣстѣ съ этимъ, каждая мышца въ отдѣльности вращаетъ ступню вокругъ продольной оси. Каждая изъ мышцъ 1-й пары, прикрѣпляясь къ костямъ ступни со спинки, поднимаетъ тотъ край ея, къ которому прикрѣпляется, а мышцы 2-й пары, прикрѣпляясь къ ступнѣ съ подошвы, наоборотъ, опускаютъ тотъ край ея, къ которому прикрѣпляются. Стало быть, при вращеніяхъ ступни *tibial. ant.* и *peron. brevis* образуютъ пару, вертящую ступню съ обѣихъ сторонъ изнутри наружу, а *tibial. post.* и *peron. tertius*—пару, вертящую въ противную сторону. Дѣйствіе *peronei longi* заключается въ томъ, что стягивая подошву ступни въ поперечномъ направленіи, онъ вмѣстѣ съ тѣмъ вращаетъ ее въ ту же сторону, что *tibial. post.* и *peron. tertius*.

Общій смыслъ всѣхъ этихъ движеній заключается въ томъ,

что они, такъ сказать, приспособляютъ поверхность подошвы къ особенностямъ той поверхности, которая служитъ ногѣ опорой. Благодаря имъ, ступни ногъ могутъ стоять устойчиво на плоскостяхъ наклонныхъ въ самыхъ разнообразныхъ направленихъ, притомъ не одинаково наклоненныхъ для обѣихъ ногъ. Въ такихъ случаяхъ дѣйствіе голенно-стопныхъ мышцъ уподобляется, по самому смыслу дѣла, дѣйствию двигателей, удерживающихъ ладонную поверхность ручной кисти въ различныхъ положеніяхъ.

Иное значеніе имѣютъ обѣ икряныя мышцы. Какъ разгибатели свободной стопы, онѣ не имѣли бы смысла, потому что для этого достаточна пара *tibial. postic. + peron. tertius*; — дѣйствуютъ онѣ лишь при условіи, когда ноги работаютъ, стоя ступнями на твердой опорѣ, именно при удлинении ихъ изъ укороченнаго состоянія. Въ этомъ смыслѣ ихъ можно назвать, вмѣстѣ съ разгибателями ноги въ колѣнахъ и тазобедренныхъ суставахъ, удлинителями или выпрямителями стоячей укороченной ноги.

Въ заключеніе этого бѣглаго очерка ножной мускулатуры, будетъ полезно показать разницу въ дѣйствиі ножныхъ мышцъ, когда онѣ работаютъ сверху внизъ и обратно. Съ этою цѣлью я опишу параллельно два случая укороченія и удлиненія ноги, когда ступня свободна и когда она стоитъ на твердой опорѣ.

Въ первомъ случаѣ укороченіе ноги производится главнымъ образомъ сгибаніемъ ея въ тазобедренномъ суставѣ, потому что при подъемѣ нижняго конца бедра голень сгибается въ колѣнѣ сама собою, дѣйствиемъ тяжести. При этомъ тазобедренному сгибателю (*ilio-psoas*) приходится дѣйствовать на короткое плечо сравнительно длиннаго тяжелаго рычага, свободный конецъ котораго къ тому же отягощенъ тяжестью голени и стопы. Они производятъ, слѣдовательно, болѣе тяжелую работу, чѣмъ подниманіе изъ плеча согнутой въ локтѣ руки. Если же къ сгибанію ноги въ тазобедренномъ суставѣ присоединяется активное сгибаніе ея въ колѣнѣ, то этимъ работа *m. ilio-psoatis* нѣсколько облегчается, потому что при подтягиваніи голени къ бедру центръ ея тяжести перемѣщается въ направленіи къ тазобедренному суставу. Понятно далѣе, что при удлинении укороченной такимъ образомъ ноги, вся работа тазобедреннаго и колѣнныхъ сгибателей возвращается

сама собою пазадъ, дѣйствиємъ тяжести, безъ всякаго содѣйствія разгибателей. Отсюда уже само собою слѣдуетъ, что при равныхъ затратахъ мышечной энергіи на активное сгибаніе и активное же разгибаніе висячей отвѣсно ноги, эффектъ разгибанія будетъ вдвое сильнѣе.

Примѣромъ укороченія и удлиненія ноги, при стояніи ея ступни на твердой опорѣ можетъ служить случай, когда человѣкъ, сильно присѣвъ на одну ногу (т.-е. сильно согнувъ ее въ тазовомъ, колѣнномъ и голенно-стопномъ сочлененіяхъ) и не касаясь другою пола, выпрямляетъ согнутую ногу, т.-е. поднимаетъ силою выпрямляющихъ мышцъ одной ноги тяжесть всего тѣла.

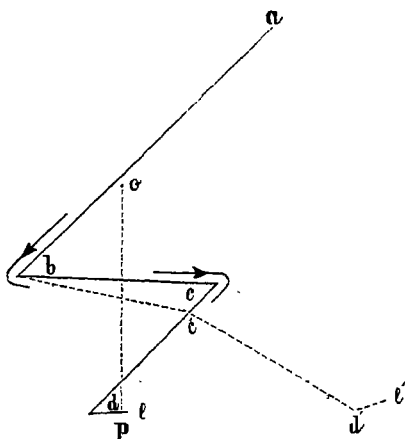


Рис. 40.

На приложенной схемѣ (рис. 40) ломанной линіей *abcde* изображено относительное положеніе оси туловища (*ab*), бедра (*bc*), голени (*cd*) и стопы (*de*) согнутой ноги, равно какъ положеніе другой ноги (*bc'd'e'*), не касающейся пола, когда присѣданіе закончено.

Понятно безъ всякихъ объясненій, что въ такомъ сгибаніи ноги сгибатели ея во всѣхъ трехъ суставахъ (*b*, *c* и *d*) могли бы не играть никакой активной роли—оно могло бы со-

вершаться, такъ сказать, само собою, подѣйствиємъ давящаго на ногу груза туловища, разъ нога не удерживается человѣкомъ намѣренно въ выпрямленномъ положеніи. Но допустить это очень трудно: для того, чтобы во время присѣданія тѣло не могло упасть ни впередъ ни назадъ, должны работать какъ разгибатели, такъ и сгибатели, и балансирующее дѣйствіе ихъ должно продолжаться и послѣ того, какъ присѣданіе закончено*). Вообще центръ тяжести тѣла *o* долженъ

*) Ощупываніе ноги присѣвшаго такимъ образомъ человѣка показываетъ, что не всѣ сгибатели находятся въ расслабленномъ состояніи: *tibialis anticus* сильно сокращенъ.

оставаться въ отвѣсѣ *ор* во всѣхъ стадіяхъ этого сложнаго явленія. Когда же наступаетъ актъ выпрямленія, сгибатели должны притти въ разслабленное состояніе, иначе они мѣшали бы и безъ того трудной работѣ выпрямителей ноги. Выпрямленіе, длящееся много-много 1"—2", начинается съ того, что чело-вѣкъ, вытягивая горизонтально обѣ руки впередъ и сильнѣе пригнувъ туловище къ бедру (*bc*) опорной ноги, перемѣщаетъ центръ тяжести тѣла насколько возможно впередъ и тѣмъ значительно облегчаетъ трудную работу колѣннаго разгибателя—главнаго дѣятеля въ этомъ актѣ. Въ то самое время, какъ центру тяжести тѣла сообщенъ этотъ толчокъ впередъ, одновременнымъ дѣйствіемъ колѣннаго и голенно-стопныхъ разгибателей происходитъ разверзаніе угловъ *cde* и *bcd* съ отступленіемъ колѣна (*c*) назадъ и поднятіемъ вершины тазобедреннаго угла (точки *b*) почти въ отвѣсномъ направленіи вверхъ. (Убѣдиться во всемъ этомъ очень легко, смотря на фигуру поднимающагося чело-вѣка съ боку). Дѣйствіе колѣннаго разгибателя, производящее разверзаніе колѣннаго угла съ поднятіемъ точки *b* вверхъ, понятно безъ объясненій. Но какъ объяснить отступленіе колѣна назадъ? Съ передней поверхности колѣна дѣйствуетъ въ этомъ направленіи колѣнный разгибатель, охватывающій суставъ въ видѣ петли и давящій на вершину угла *c* (рис. 40) при своемъ сокращеніи. Съ задней же поверхности (рис. 41) колѣно оттягиваютъ назадъ: тяга подъякорной мышцы *ab*, дѣйствующая отъ *b* къ *a*, и тяга *df* трехъ т. наз. сгибателей колѣна, родящихся отъ сѣдалищнаго бугра (*d*) (*biceps femor.*, *semitendinosus* и *semitendinosus*), дѣйствующая отъ *f* къ *d*. Нельзя ли допустить кромѣ того выраженную на рис. 41 мысль, что тяга икрной мышцы *ac*, перекрещивающаяся съ тягой *df*, можетъ, при неподвижности пятки, давать вмѣстѣ съ *df* результирующую (*m*), тоже оттягивающую колѣно назадъ? Вѣрно одно—икрная мышца

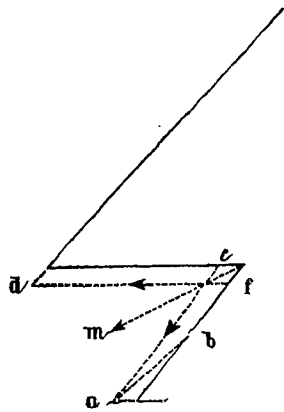


Рис. 41.

во время этого движенія работаетъ, потому что на ощупь она бываетъ очень тверда. Разверзаніе тазобедреннаго угла совершается позже разверзанія двухъ нижнихъ угловъ, — здѣсь дѣятелями являются: *biceps femoris*, *semimembranosus*, *semitendinosus* *), *adductor magnus* и *glutaeus maximus*. Послѣдній, кромѣ того, вмѣстѣ съ средней и малой сѣдалищными мышцами держитъ центръ тяжести тѣла надъ опорной ногой.

Нѣтъ сомнѣнія, что самая трудная работа въ актѣ выпрямленія ноги приходится на долю колѣннаго разгибателя, и именно въ началѣ его дѣйствія, потому что тогда плечо его тяги (много-много 2,5 см.) раза въ 4—5 меньше плеча груза, вѣсящаго 60—70 кило. Другими словами, мышцѣ въ началѣ ея дѣйствія приходится развивать силу пудовъ въ 20; но это продолжается лишь нѣсколько мгновений, потому что по мѣрѣ выпрямленія ноги плечо груза непрерывно уменьшается, а плечо тяги остается неизмѣннымъ.

Переходя теперь къ вопросу о рабочихъ движеніяхъ съ участіемъ ногъ, было бы всего цѣлесообразнѣе описать прежде всего, въ видѣ вступленія, службу ихъ, какъ устойчивыхъ опоръ для тѣла и какъ орудій перемѣщенія послѣдняго въ пространствѣ (т.-е. стояніе и ходьбу), такъ какъ участіе ногъ въ большинствѣ работъ опредѣляется именно этими двумя формами ихъ служебной дѣятельности. Но работы ногъ, самихъ по себѣ, независимо отъ туловища, не подходятъ подъ эту рамку; поэтому я начну съ нихъ, тѣмъ болѣе, что дѣйствующія въ этихъ работахъ мышечные механизмы по ихъ крайней простотѣ не требуютъ длиннаго описанія.

Къ работамъ исключительно ножнымъ, безъ всякаго участія туловищныхъ мышцъ или по крайней мѣрѣ съ очень малымъ участіемъ ихъ, относятся всѣ вообще работы на машинахъ съ ножными приводами, на которыхъ можно работать стоя (напримѣръ, токарный станокъ) и сидя (игра на органѣ, ѣзда на велосипедѣ и пр.). Очень характерно то обстоятельство, что

*) Эти три мышцы, прикрѣпляясь въ данномъ случаѣ обоими своими концами къ подвижнымъ точкамъ *d* и *f* (рис. 41), сближаютъ ихъ другъ съ другомъ и производятъ такимъ образомъ двойственный эффектъ: оттягиваютъ верхнюю часть голени назадъ и разверзаютъ тазобедренный уголъ.

въ этихъ работахъ главный двигательъ нога—очень сильный органъ, а между тѣмъ машины съ ножными приводами рассчитаны всегда на слабую работу и устроены такъ, что рабочее движеніе производится только давленіями со стороны выпрямляющей ноги на приводъ машины. Своими укороченіями нога участвуетъ въ такихъ работахъ только пассивно, возвращаясь лишь въ то положеніе, изъ котораго она вышла, выпрямившись. Слѣдовательно, при этомъ работаютъ одни разгибатели ногъ въ колѣнахъ и тазобедренныхъ суставахъ. Причина, почему укороченія ноги не утилизируются прямо въ работахъ передвиженія тяжестей или побѣжденія сопротивленій, заключается въ томъ, что при массивности ноги, укороченіе ея сгибами въ колѣнѣ и тазу уже само по себѣ, т.-е. безъ нагрузки нижняго конца, составляетъ большую работу. Къ тому же при работахъ въ стоячемъ положеніи, укороченная и нагруженная нога перетягивала бы въ свою сторону центр тяжести тѣла, т.-е. въ сторону отъ его единственной и нестойкой опоры — ноги, не работающей въ данную минуту. Въ этомъ отношеніи руки, какъ рабочее орудіе, очевидно, находятся въ несравненно болѣе благопріятныхъ условіяхъ, имѣя возможность сильно работать въ одиночку, какъ укороченіями, такъ и удлиненіями.

Ноги какъ опора тѣла. Въ какой мѣрѣ рука тонко и искусно устроена для движеній вообще, въ такой же мѣрѣ нога тонко и искусно устроена для поддержки тѣла въ различныхъ положеніяхъ. Въ самомъ дѣлѣ, держать тѣло въ отвѣсномъ положеніи, т.-е. стоять, можно на нѣсколько ладовъ: опираясь на землю всюю подошвою ногъ или одними носками, держать ноги выпрямленными въ двухъ верхнихъ сочлененіяхъ или нѣсколько согнутыми и, наконецъ, держать ихъ сдвинутыми или раздвинутыми въ разныхъ направленіяхъ. Канатный плясунъ представляетъ доказательство воочію, что искусство стоянія можетъ быть доведено до виртуозности. Однако ни на канатѣ ни на носкахъ долго стоять невозможно—въ томъ и другомъ случаѣ тѣло неустойчиво и требуетъ непрерывной работы всей хитрой механики ногъ и туловища (балансированія), чтобы удержаться въ данномъ положеніи хоть одну-двѣ минуты. На согнутыхъ ногахъ, опираясь всей подошвой,

стоять можно, конечно, долѣе, но и это положеніе требуетъ непрерывной работы мышцъ, потому что разъ ноги согнуты, тяжесть давящаго на нихъ сверху внизъ туловища постоянно стремится согнуть ихъ еще болѣе; слѣдовательно, пужна непрерывная статическая работа препятствующихъ этому разгибателей. Въ одной лишь обычной непринужденной формѣ стоянія всею подошвою на вытянутыхъ ногахъ сочетаны условія достаточной устойчивости съ наименьшей затратой мышечныхъ силъ на балансированіе. Эту форму мы и опишемъ.

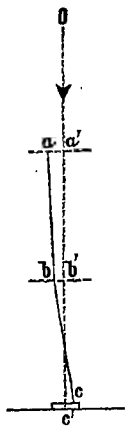


Рис. 42.

При такомъ стояніи (рис. 42) отвѣсъ черезъ центръ тяжести туловища O падаетъ позади общей оси вращенія бедеръ въ тазу (въ профиль эта ось обозначена точкой a), позади общей оси колѣнныхъ сочлененій (позади точки b) и впереди отъ осей вращенія каждой ноги

въ голенно-стопномъ сочлененіи (точки c). Слѣдовательно, тяжесть тѣла будетъ стремиться опрокинуть тазъ съ туловищемъ около бедренныхъ головокъ назадъ (плечо ея дѣйствія изображаетъ aa'), согнуть ноги въ колѣнахъ (здѣсь плечо bb') и голенно-стопномъ сочлененіи (здѣсь плечо cc'). Что же можетъ препятствовать всему этому помимо дѣйствія мышцъ?

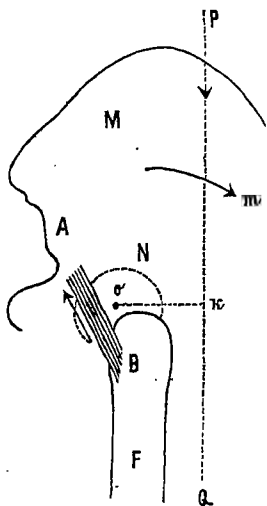


Рис. 43.

Паденію туловища около головокъ бедренныхъ костей назадъ препятствуютъ такъ назыв. подвздошно-бедренныя связки (*lig. ileo-femoral.*), перекидывающіяся черезъ тазобедренный суставъ съ верхняго и передняго края вертлужной впадины на переднюю поверхность бедренной кости. На рис. 43 изображено положеніе этой связки при смотрѣніи на ногу снаружи и съ боку. Пунктиръ по дугѣ круга N обозначаетъ контуръ выступа изъ боковой поверхности под-

вздошной кости (M), образующій края вертлюжной впадины; O есть точка вращенія бедренной головки; AB —наша связка. Если PQ есть отвѣсъ черезъ центръ тяжести туловища, то при неподвижномъ бедрѣ F тяжесть туловища будетъ стремиться вращать тазъ по направленію стрѣлки m ; черезъ это связка AB , будучи очень сильной и натягиваясь по направленію снизу и снаружи вверхъ и внутрь, опрокинута тазу назадъ не позволяетъ.

Механизмъ, препятствующій сгибанію ноги въ колѣнѣ, двоякій. Одинъ дѣйствуетъ въ колѣнномъ сочлененіи, препятствуя вращенію берцовой кости вокругъ ея оси, а другой дѣйствуетъ на колѣно съ бедра. Первый изъ нихъ заключается въ томъ, что когда нога выпрямлена въ колѣнѣ, то всѣ боковыя колѣнные связки сильно натягиваются, и происходитъ это отъ того, что мышелки бедра, если смотрѣть на ногу съ боку, закруглены не по дугѣ круга, а по спиральной линіи, и, когда нога согнута въ колѣнѣ, связки лежатъ по направленію короткихъ радіусовъ спирали, а въ вытянутомъ положеніи—по направленію длинныхъ. Что же касается до противодѣйствія сгибанію колѣна съ бедра, то суть механизма заключается въ слѣдующемъ: при неподвижныхъ голеняхъ, бедра согнуться въ колѣнахъ могутъ не иначе, какъ вращаясь вокругъ продольныхъ осей изнутри наружу; вращенію же этому препятствуетъ натяженіе подвздошно-бедренныхъ связокъ. Причина, почему сгибаніе бедеръ въ колѣнахъ связано съ вращеніемъ ихъ вокругъ продольныхъ осей, заключается въ томъ, что внутренніе мышелки бедренныхъ костей больше наружныхъ: тѣ и другіе можно сравнить съ двумя колесами разной величины на очень короткой оси; двигаясь впередъ, такая системы будетъ перемѣщаться не по прямой, а по кривой линіи, ибо большее колесо, внутренній мышцелокъ, будетъ описывать большій путь, чѣмъ меньшее колесо, наружный мышцелокъ.

Одна изъ причинъ, задерживающихъ паденіе тѣла (при выпрямленныхъ въ колѣнахъ ногахъ!) въ голенно-стопныхъ сочлененіяхъ впередъ, лежитъ уже въ положеніи осей вращенія этихъ сочлененій, образующихъ между собою уголъ. Легко понять въ самомъ дѣлѣ, что если бы ступни не были

разставлены носками врознь, а стояли своими продольными осями параллельно сагиттальной плоскости тѣла, въ которой происходитъ паденіе послѣдняго, тогда оси вращенія ногъ въ голенно-стопныхъ суставахъ лежали бы въ прямой перпендикулярной къ оси тѣла, и пригибанію голеней къ стопамъ, обусловливающему паденіе тѣла впередъ, не было бы въ сочлененіяхъ ни малѣйшихъ препятствій. Стало-быть, при всякомъ иномъ положеніи этихъ осей пригибаніе голеней къ стопамъ уже затруднено. Другую и болѣе существенную причину непаденія впередъ составляетъ натяженіе опять той же подвздошно-бедренной связки. Натяженіе это, вращая вмѣстѣ съ бедромъ голень кнутри, измѣняетъ положеніе берцовыхъ костей другъ относительно друга такимъ образомъ, что задніе края обоихъ мышцелковъ (т.-е. нижнихъ концовъ обѣихъ костей) сближаются другъ съ другомъ и ущемляютъ заднюю нѣсколько суженную часть *astragali*, около котораго мышцелки должны были бы при паденіи тѣла двигаться.

Случаи стоянія на наклонныхъ плоскостяхъ или съ согнутыми ногами разбирать я не буду—во всѣхъ такихъ случаяхъ устойчивость возможна лишь при посредствѣ непрерывной игры мышцъ.

Ходьба. Когда человѣкъ идетъ по ровному мѣсту, не спѣша и не думая о своей походкѣ, ходьба его представляетъ замѣчательно правильно-періодическое чередованіе движеній обѣихъ ногъ: все, что продѣлывали правая и лѣвая нога въ теченіе одного шага, то же самое и съ тѣми же скоростями, продѣлываютъ въ слѣдующій шагъ лѣвая и правая. Поэтому для описанія ходьбы достаточно описать одновременную дѣятельность обѣихъ ногъ въ теченіе одного шага. Для того же, чтобы былъ понятенъ смыслъ cadaго отдѣльнаго момента этой дѣятельности, необходимо выяснить себѣ съ самаго начала, какъ перемѣщается при ходьбѣ все тѣло въ пространствѣ, разумѣя наипростѣйшій случай передвиженія его по совершенно ровной мѣстности (въ горизонтальной плоскости). Съ этой цѣлью вмѣсто всего тѣла мы будемъ разсматривать перемѣщеніе въ пространствѣ одной его точки, именно его центра тяжести, лежащаго нѣсколько выше тазобедренныхъ суставовъ.

Ходьба имѣла бы наиболѣе совершенный характеръ, если

бы центръ тяжести тѣла передвигался съ равномерной скоростью въ прямой параллельной горизонту. Но этого ни у кого не бываетъ. Въ началѣ каждого шага движеніе ускорено, а въ концѣ замедлено и всего больше въ моментъ, когда нога, перекачнувшаяся сзади напередъ, ставится на землю. Убѣдиться въ этомъ очень легко изъ перемѣщеній по полу какого-нибудь предмета, привязаннаго ниткой сзади къ поясу идущаго человѣка. Кромѣ того, центръ тяжести описываетъ при ходьбѣ зигзаги, уклоняясь то вправо, то влѣво *). Въ случаяхъ, когда эти передвиженія выражены рѣзко, походка получаетъ развалистый характеръ. Происходятъ они отъ того, что во время ходьбы бываетъ промежутокъ времени, когда тѣло опирается на землю одной только ногой, а другая въ это самое время, отдѣлившись отъ земли, перекачивается, не касаясь пола, сзади напередъ. При этомъ центръ тяжести долженъ, очевидно, выходить изъ сагиттальной плоскости тѣла и перемѣщаться въ сторону опоры, иначе тѣло упало бы на сторону отдѣлившейся отъ земли ноги. Одновременно съ зигзагами вправо и влѣво, центръ тяжести тѣла то повышается, то понижается надъ горизонтомъ, и если эти колебанія мало замѣтны, походку называютъ плавной; а про людей съ рѣзкими колебанія говорятъ, что они ходятъ вприпрыжку. Происходятъ эти колебанія слѣдующимъ образомъ. Въ тотъ промежутокъ, когда обѣ ноги (а и *b* на приложенной схемѣ, рис. 44) стоятъ на землѣ, одна спереди, другая сзади, центръ тяжести тѣла *O*, очевидно, долженъ лежать ниже своего обычнаго уровня, даже если бы обѣ ноги были вытянуты въ колѣнахъ. Когда же задняя нога *b*, отслаиваясь подошвой отъ пола, сообщаетъ тѣлу толчокъ (по стрѣлкѣ *m*) снизу, сзади

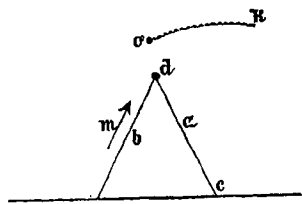


Рис. 44.

*) Если въ поясъ, опоясывающій талию, вязать сплцу такимъ образомъ, чтобы она выступала отъ стѣнки живота прямо впередъ, то при ходьбѣ тотчасъ видно, что свободный конецъ ея перемѣщается то вправо, то влѣво и двигается неравномѣрно, а съ періодическими ускореніями, соответствующими толканію тѣла впередъ тою ногой, которая находится сзади и отслаивается отъ земли.

и снаружи (отъ сагиттальной плоскости), вверхъ, впередъ и кнутри, тогда опирающаяся на землю нога a представляетъ радіусъ, вращающійся около точки c , вслѣдствіе чего центръ тяжести O описываетъ дугу OK . При этомъ онъ сначала поднимается, а потомъ, залетѣвъ за точку опоры (c), начинаетъ опускаться примѣрно до точки K . Въ этотъ моментъ задняя нога b уже успѣла перекачнуться сзади напередъ, и паденіе центра тяжести (а слѣдовательно, и всего тѣла) впередъ и внизъ останавливается. Это и есть мгновеніе, когда начавшійся отслаиваніемъ задней ноги шагъ заканчивается; задняя нога стала теперь передней, и начинается новый шагъ.

Мгновенное фотографированіе отдѣльныхъ фазъ ходьбы, произведенное *Марземъ*, показало, что обѣ ноги въ теченіе шага остаются, за исключеніемъ мгновенія въ концѣ отслаиванія подошвы, болѣе или менѣе согнутыми въ колѣнахъ. На рис. 45 выражено схематически относительное положеніе ногъ

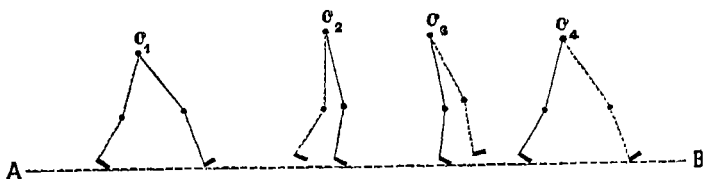


Рис. 45.

въ 4 фазы одного шага; задняя нога обозначена повсюду пунктиромъ, а передняя сплошной линіей; O_1, O_2, O_3, O_4 представляютъ высоты стоянія точекъ вращенія ногъ въ тазобедренныхъ суставахъ надъ горизонтомъ AB . Колѣнные углы α передней ноги отъ 1-го положенія ея ко 2-му уменьшаются, а отъ 2-го къ 4-му увеличиваются. Черезъ это какъ восходящая часть кривой OK (рис. 44), такъ и нисходящая ея часть становятся положе. Другими словами, укороченіе ноги въ 1-й промежутокъ времени и удлиненіе ея въ послѣдующій смягчаютъ колебанія центра тяжести снизу вверхъ и дѣлаютъ походку болѣе плавной. Съ той минуты какъ передняя нога a сдѣлалась задней, она продолжаетъ выпрямляться во всѣхъ трехъ суставахъ далѣе; въ нижнемъ, т.-е. въ голенно-стопномъ, выпрямленіе ведетъ къ постепенному отслаив-

ванію подошвы, начиная съ пятки, впередъ. Вотъ это-то быстрое удлиненіе ноги, достигающее maximum'a, когда она упирается въ полъ уже одними пальцами (преимущественно большимъ), составляетъ тотъ толчокъ, который передвигаетъ центръ тяжести тѣла не только впередъ и вверхъ, но и въ бокъ,— послѣднее по той причинѣ, что удлиненіе отслаивающейся отъ полу ноги происходитъ постепенно изъ точекъ, лежащихъ по продольной оси ступни, а ось эта лежитъ не прямо сзади напередъ, а отклонена переднимъ концомъ наружу, потому что ноги и при ходьбѣ ставятся на полъ носками врознь. Произведя толчокъ, задняя нога укорачивается въ обоихъ верхнихъ суставахъ, отдѣляется отъ полу и, по *Эд. Веберу*, перекачивается, какъ маятникъ, однимъ лишь дѣйствіемъ тяжести (въ тазобедренномъ суставѣ) сзади напередъ. *Марэй* однако утверждаетъ, что въ передвиженіи участвуютъ и мышцы (*iliacus* и *psaas*); но участіе это во всякомъ случаѣ должно быть очень ничтожно. Перекачнувшись впередъ, нога должна нѣсколько выпрямиться, чтобы стать на полъ; затѣмъ, ставъ заднею, она продѣлываетъ уже описанныя выше движенія. Не лишне будетъ упомянуть въ заключеніе о помощи, оказываемой походкѣ качающимися во время ходьбы руками. Такъ какъ толчки заднею ногою происходятъ то въ правую половину таза, то въ лѣвую, то они, помимо всего прочаго, должны производить перемѣщенія фронтальной плоскости тѣла справа налѣво, когда толкаетъ правая нога, и наоборотъ. Вотъ эти то вращенія туловища около продольной оси и умѣряются качаніями рукъ; ибо въ то время, какъ задняя нога, наприм., правая, сообщивъ тѣлу вращательный толчокъ, перекачивается сзади напередъ, лѣвая рука перекачивается въ томъ же направленіи; задняя нога поворачиваетъ туловище около оси въ одну сторону, а перекачивающаяся сзади напередъ рука вертитъ его въ противоположную. Дѣло въ томъ, что одноименныя по направленію передвиженія рукъ и ногъ у человѣка происходятъ накрестъ, какъ у животныхъ соотвѣтственные передвиженія переднихъ и заднихъ конечностей.

Соотвѣтственно всему этому ряду явленій, дѣятельность ногъ распадается на слѣдующія фазы:

- 1) сообщеніе центру тяжести толчковъ впередъ и вверхъ;

- 2) перенесеніе его справа налѣво, и наоборотъ;
- 3) сглаживаніе его колебаній снизу вверхъ и обратно;
- 4) сглаживаніе вращеній тѣла около продольной оси;
- 5) переведеніе ноги сзади напередъ и
- 6) ставленіе ея на землю.

Въ первую фазу работаютъ разгибатели ноги во всѣхъ 3-хъ суставахъ, вѣроятно, послѣдовательно другъ за другомъ снизу вверхъ, и главную долю этой работы составляетъ поднятіе центра тяжести вверхъ, потому что половина передвиженія его впередъ производится паденіемъ поднятаго центра тяжести впередъ и внизъ.

Перенесеніе центра тяжести снаружи и снизу внутрь и кверху производится, помимо толчка, сообщаемого заднею ногою, сокращеніемъ всѣхъ трехъ сѣдалищныхъ мышцъ другой, т.-е. опорной ноги, вращающимъ тазъ около головки неподвижнаго бедра въ томъ же направленіи, или, что то же, наклоняющимъ туловище въ сторону ноги, служащей опорой.

Въ сглаживаніи колебаній центра тяжести, когда онъ идетъ кверху, едва ли участвуютъ мышечныя силы, такъ какъ опорная нога ставится на землю нѣсколько согнутой, слѣдовательно способной пружиниться, когда на нее налегаетъ тяжесть туловища. Въ сглаживаніи же колебаній, когда центръ тяжести падаетъ впередъ и внизъ, несомнѣнно должны участвовать разгибатели ноги. Этотъ моментъ составляетъ начало ихъ дѣйствія, продолжающагося до конца отслаиванія подошвы. Въ сглаживаніи вращеній тѣла около продольной оси качаніемъ рукъ участіе мышцъ должно быть очень ничтожно; но возможно, что при этомъ дѣйствуютъ вращатели позвоночника.

Передъ тѣмъ какъ нога, сообщившая тѣлу толчокъ, перекачивается сзади напередъ, она должна укоротиться сгибаніемъ во всѣхъ трехъ сочлененіяхъ—это актъ, конечно, мышечный; въ самомъ же перекачиваніи ея главную, если не исключительную, какъ думаетъ Эд. Веберъ, роль играетъ тяжесть, потому что отдѣлившаяся отъ земли нога, при значительности ея вѣса сравнительно съ препятствіями ея маятникообразному перекачиванію (въ тазобедренномъ суставѣ и окружающихъ его мышцахъ), не можетъ не перекачнуться, тѣмъ болѣе, что въ моментъ, когда она отдѣляется отъ земли, въ укороченіи

ея участвуют тазобедренные сгибатели ноги (psoas и iliacus) и сокращеніемъ ихъ ногѣ сообщается толчокъ сзади напередъ.

Въ послѣдней фазѣ, ставленіи ноги на землю, опять замѣшаны мышечныя силы.

Чтобы вѣрно оцѣнить работу мышцъ при ходьбѣ, слѣдуетъ принять во вниманіе:

1) что слѣды ногъ при ходьбѣ очень мало уклоняются отъ прямой передвиженія тѣла—не болѣе, чѣмъ они уклоняются отъ сагиттальной плоскости тѣла при спокойномъ стояніи, и

2) что, по согласнымъ наблюденіямъ различныхъ изслѣдователей, колебанія центра тяжести вверхъ не превышаютъ, при ходьбѣ съ умѣренной скоростью, 2,5 сантим.

Слѣдовательно, со стороны мышцъ, переносящихъ центръ тяжести изъ стороны въ сторону, и тѣхъ, которыя поднимаютъ его вверхъ, требуются очень незначительныя укороченія. Но работать должны сильныя мышцы, ибо поднимать вверхъ приходится тяжесть тѣла и ее же передвигать изъ стороны въ сторону. Насколько легко производятся обѣ работы сѣдалищными мышцами и разгибателями ноги, убѣдиться очень легко, ставъ на одну ногу, согнувъ ее настолько, чтобы понизить ось тѣла на 2—3 сант., и затѣмъ выпрямить; или передвинуть въ стоячемъ положеніи туловище съ одной ноги на другую. Словомъ, въ двухъ главныхъ рабочихъ движеніяхъ ходьбы, мышцы работаютъ, такъ сказать, сотыми долями своихъ силъ. Объясняется же это очень просто тѣмъ, что насколько при ходьбѣ туловище мало наклонено впередъ и ноги мало согнуты въ сочлененіяхъ, настолько же мало увеличены плечи дѣйствія грузовъ (т.-е. тяжести тѣла) противъ ихъ величины при спокойномъ стояніи; а мы уже знаемъ, что величины эти очень незначительны.

Характеръ локомоторныхъ движеній сильно измѣняется, когда человѣкъ всходитъ на гору или поднимается по ступенькамъ лѣстницы. Тогда главная часть работы падаетъ на переднюю ногу, удлиняющуюся не только во время отслаиванія подошвы задней ноги, но и послѣ онаго, значить, работающую во вторую половину шага въ одиночку. Притомъ же работать она должна гораздо сильнѣе, чѣмъ при ходьбѣ по ровной мѣстности.

сти. Не говоря уже о томъ, что теперь съ каждымъ шагомъ тѣло поднимается не на 2,5 сант., а на высоту ступени, мышцамъ передней ноги приходится работать при менѣе благоприятныхъ условіяхъ и тѣмъ худшихъ, чѣмъ круче лѣстница. Именно, задняя нога теперь всегда стоитъ ниже передней, слѣдовательно послѣдняя должна ставиться на ступень сильно согнутой; да къ этому присоединяется еще необходимость держать туловище болѣе наклоненнымъ впередъ, чѣмъ при ходьбѣ по ровному мѣсту, т.-е. держать его сильнѣе согнутымъ въ тазобедренныхъ суставахъ. Черезъ то и другое длина плечъ поднимаемаго груза во всѣхъ трехъ сочлененіяхъ передней ноги возрастаетъ и, конечно, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ круче лѣстница и чѣмъ сильнѣе согнута нога.

Схожденіе съ горы или спусканье съ лѣстницы, въ механическомъ смыслѣ, есть работа отрицательная; тѣмъ не менѣе въ ней участвуютъ мышцы. Здѣсь, въ противоположность предшествующему случаю, главная работа падаетъ на заднюю опорную ногу, и, вѣроятно, въ болѣе мѣрѣ на долю ея разгибателей (въ колѣнѣ и ступнѣ), чѣмъ сгибателей. Она, такъ сказать, *спускаетъ тѣло внизъ*—въ родѣ того, какъ работаютъ ноги упряжной лошади при спускѣ съ горы; нога при этомъ сгибается, но болѣе пассивно, чѣмъ активно—подъ напоромъ тяжести тѣла, главная же ея задача въ томъ, чтобы умѣрить дѣйствіемъ разгибателей быстроту паденія тѣла внизъ. Вѣрно одно — продолжительный спускъ съ крутыхъ горъ очень утомителенъ, и усталость чувствуется особенно сильно въ разгибатель колѣна.

Теперь мы можемъ уже перейти къ работамъ туловища совмѣстно съ нижними и верхними конечностями, для чего намъ нужно познакомиться съ подвижностью самого туловища.

Подвижность туловища. Туловище, внѣ его связи съ конечностями, представляетъ двѣ полости, грудную и брюшную, съ подвижными стѣнками. Мышцы, входящія въ составъ послѣднихъ, имѣютъ специальное назначеніе измѣнять емкость обѣихъ полостей и работаютъ въ этомъ направленіи безъ всякаго содѣйствія мышцъ конечностей. Въ этомъ смыслѣ, дыхательныя движенія грудной кѣтки и сокращенія брюшной по-

лости составляютъ отдѣльную группу работъ, которыя можно назвать спеціальными работами туловища. Костное основаніе послѣдняго, позвоночникъ, не играетъ въ нихъ никакой активной роли, служа лишь крѣпкимъ, мало подвижнымъ устоемъ для подвижныхъ стѣнокъ. Наоборотъ, въ совмѣстныхъ работахъ туловища съ конечностями, позвоночникъ участвуетъ именно своею подвижностью, представляя тогда подвижную ось туловища, многообразно измѣняющую свое положеніе относительно связанныхъ съ нимъ костныхъ рычаговъ конечностей. Поэтому, въ дальнѣйшемъ описаніи мы оставимъ спеціальныя работы туловища въ сторонѣ и остановимся на подвижности позвоночника, сообщающей подвижность всему туловищу, какъ цѣлому.

Позвоночникъ, состоя изъ отдѣльныхъ костныхъ члениковъ (позвонковъ), связанныхъ другъ съ другомъ уступчивыми во всѣ стороны хрящами, представляетъ гибкій во всѣхъ направленіяхъ столбъ. Въ раннемъ дѣтствѣ, при большей уступчивости его деформирующимъ вліяніямъ мышечныхъ тягъ и давленій, столбъ, изъ почти прямого при рожденіи, мало-по-малу становится изогнутымъ въ верхнихъ и нижнихъ частяхъ—въ области шеи и поясницы впередъ, а въ спинной части назадъ. Главную причину верхняго и нижняго искривленій составляютъ сильныя (сравнительно съ тягами въ спинной части) мышечныя тяги въ области шеи и поясницы—въ первой съ позвоночника на голову, во-второй съ таза на позвоночникъ. Непрестаннымъ дѣйствіемъ ихъ остистые отростки позвонковъ, такъ сказать, стягиваются другъ съ другомъ, и разъ такое искривленіе произошло въ верхнихъ и нижнихъ частяхъ позвоночника впередъ, средняя часть между ними уже сама собою искривляется въ противную сторону. Такимъ образомъ, спинная часть позвоночника образуетъ нормально сводъ, обращенный вершиной вверхъ, когда туловище согнуто къ ногамъ подъ прямымъ угломъ.

Убѣдиться въ гибкости позвоночника во всѣхъ направленіяхъ можно очень легко и на живомъ человѣкѣ. Онъ можетъ горбить и выпрямлять спину, нагибать туловище, при неподвижномъ положеніи таза, направо и налево, наконецъ, закручивать позвоночникъ спирально около продольной оси, выста-

вивъ, напр., лѣвую ногу сильно впередъ, — причемъ тазъ будетъ повернуть слѣва направо, и повернувъ фронтъ плечъ въ обратную сторону, справа налево. Понятно, что при тонкости межпозвоночнаго хрящевого слоя и при существованіи суставовъ между отростками позвонковъ, перемѣщенія послѣднихъ другъ относительно друга въ каждой отдѣльной парѣ могутъ быть лишь незначительны, но, суммируясь другъ съ другомъ въ одномъ и томъ же направленіи, они даютъ очень чувствительныя перемѣщенія туловища въ цѣломъ, отражающіяся всего сильнѣе на верхнихъ его частяхъ, такъ какъ нижняя часть позвоночника наименѣе подвижна и своимъ концомъ неподвижно связана съ тазомъ. Соотвѣтственно этому, двигатели столба распадаются на группу мелкихъ межпозвоночныхъ мышцъ (*mm. interspinales, intertransversarii* и *rotatores dorsi*), перекидывающихся съ позвонка на позвонокъ, и серію крупныхъ двигателей, дѣйствующихъ съ крестца, таза и поясницы на нѣсколько позвонковъ или даже на весь столбъ разомъ (система *m. sacrospinalis*). Понятно, что дѣйствіемъ мелкихъ мышцъ ось позвоночника изгибается мѣстно въ разныя стороны, а дѣйствіемъ вторыхъ онъ наклоняется въ ту и другую сторону, какъ цѣлое. Дальнѣйшую крупную особенность въ расположеніи тѣхъ и другихъ мышцъ составляетъ отсутствіе сгибателей столба впередъ, которые прикрѣплялись бы къ позвоночнику, и сильное развитіе разгибателей. Сгибателемъ служитъ единственная мышца, прямая брюшная, прикрѣпляющаяся своимъ верхнимъ подвижнымъ концомъ не къ позвоночнику, а къ грудинной кости, въ разгибаніи же позвоночника могутъ принимать участіе всѣ безъ исключенія мышцы, какъ мелкія такъ и крупныя, лежащія на поверхности спины, если только онѣ сокращаются съ обѣихъ сторонъ позвоночника разомъ. Дѣло въ томъ, что всѣ эти двигатели, за исключеніемъ *mm. interspinales*, представляютъ, по своему расположенію справа и слѣва отъ оси столба, симметричныя пары, антагонистическія по дѣйствію когда онѣ дѣйствуютъ врознь (сгибая туловище направо и налево или вращая его около продольной оси въ ту и другую сторону), и превращающіяся въ разгибателей, когда дѣйствуетъ съ обѣихъ сторонъ разомъ. Чѣмъ же объяснить слабое развитіе сгибателей и сильное разгибателей? Тѣмъ, что спереди на позво-

ночникъ въ его верхней половинѣ висить ничѣмъ не уравновѣшенная сзади тяжесть грудной клѣтки, съ ея мягкими частями и отчасти тяжесть брюшныхъ внутренностей (по крайней мѣрѣ печени и желудка), хотя послѣднія и подперты отчасти снизу вверхъ изъ таза. Понятно, что грудная клѣтка своимъ вѣсомъ должна сгибать позвоночникъ впередъ, а сокращеніе разгибателей служить противовѣсомъ ея дѣйствию. Въ этомъ смыслѣ тоническое сокращеніе разгибателей позвоночника имѣетъ то же значеніе, что дѣйствіе вѣйныхъ мышцъ шеи, удерживающихъ голову отъ паденія впередъ. Прямымъ доказательствомъ этому служить сильно опрокинутое назадъ въ поясницѣ положеніе позвоночника у толстяковъ, т.-е. у людей съ сильнымъ развитіемъ подкожного жирнаго слоя въ грудной и брюшной области.

Третью особенность представляетъ неодинаковое развитіе многихъ мышцъ одинаковаго дѣйствія по длинѣ позвоночника. Такъ, изъ мелкихъ межпозвоночныхъ мускуловъ въ спинной части столба очень слабо развиты *mm. interspinales* и *intertransversarii* (ихъ замѣняютъ здѣсь пучки болѣе крупныхъ мышцъ, *semispinalis* и *longissimi dorsi*), но за то сильнѣе чѣмъ въ прочихъ частяхъ развиты мелкіе вращатели столба вокругъ продольной оси. Послѣдній фактъ стоитъ въ связи съ тѣмъ обстоятельствомъ, что во вращеніяхъ туловища вокругъ продольной оси соотвѣтственныя движенія спинныхъ позвонковъ играютъ главную роль; а отсутствіе мелкихъ сгибателей туловища спереди назадъ (*interspinales*) и въ бока (*intertransversarii*) объясняется тѣмъ, что оба эти дѣйствія могутъ производить въ спинной части позвоночника двигатели, прикрѣпляющіеся своими концами къ ребрамъ (наприм., пучки *longissimi dorsi*, прикрѣпляющіеся къ ребрамъ).

Четвертую особенность въ расположеніи двигателей позвоночника составляютъ мышцы, отходящія отъ крестца, поясницы и таза и прикрѣпляющіяся другими концами къ ребрамъ. Мышцы эти въ свою очередь парныя и, дѣйствуя съ обѣихъ сторонъ разомъ, представляютъ разгибателей туловища, а, дѣйствуя съ одной стороны суть или чистые сгибатели вбокъ (задняя порція *quadrati lumborum*) или сгибатели съ вращательной слагаемой для туловища вокругъ продольной оси (*ser-*

ratus post. inf. и отчасти передняя порція quadrati lumborum). Нѣтъ сомнѣнія, что во вращеніяхъ туловища вокругъ продольной оси принимаютъ также участіе брюшныя мышцы, именно внутренняя косая вмѣстѣ съ наружной косой, насколько волокна обѣихъ мышцъ опоясываютъ туловище восходящимъ спиральнымъ ходомъ отъ поясицы по передней стѣнкѣ живота къ ребрамъ противоположной стороны. Наконецъ, такимъ же образомъ могутъ дѣйствовать мышцы, отходящія отъ позвоночника и оттягивающія плечо назадъ, cuscullaris, rhomboideus и верхняя часть широкой спинной мышцы. Въ работахъ всѣ эти вращенія имѣютъ значеніе движеній, измѣняющихъ фронтъ плечъ.

Послѣднюю особенность мелкихъ двигателей позвоночника [mm. interspinal., intertransversarii, rotatores dorsi, semispinalis и multifidus spinae], составляетъ чрезвычайно выгодное для дѣйствія силъ расположеніе ихъ тягъ относительно отростковъ позвонковъ. Это впрочемъ и понятно, въ виду мелкости мышцъ и значительности преодолеваемыхъ ими сопротивленій, при перемѣщеніи позвонковъ другъ относительно друга.

Совмѣстныя работы туловища и конечностей.

Двигатели туловища участвуютъ въ работахъ рукъ на три лада: 1) придавая туловищу, какъ опорѣ рукъ, устойчивость; 2) исправляя нарушенное этой работой нормальное положеніе оси тѣла и центра его тяжести и, наконецъ, 3) облегчая работу рукъ наклонами туловища въ разныя стороны и вращеніями его вокругъ продольной оси, т.-е. измѣненіями фронта плечъ. Таково ихъ дѣйствіе при работахъ человѣка въ сидячемъ положеніи. Если же онъ работаетъ руками, стоя, то въ означенныхъ вспомогательныхъ работахъ туловищныхъ мышцъ и согласно съ ними по направленію работаютъ мышцы ногъ, потому что обѣ ноги, взятая вмѣстѣ, составляютъ въ одно и то же время продолженіе туловища и его опорную подвижную подставку, способную, какъ увидимъ ниже, слѣдовать за туловищемъ во всѣхъ перемѣщеніяхъ его оси. Первый пунктъ, какимъ дѣйствіемъ мышцъ достигается устойчивость туловища, какъ опоры рукъ, не требуетъ объясненій. На второмъ же пунктѣ мы остановимся.

Всякое перемѣщеніе той или другой руки или обѣихъ вмѣстѣ изъ одного положенія въ другое влечетъ за собою перемѣщеніе центра тяжести тѣла и наклоненіе его оси въ сторону перемѣщенія руки или рукъ. На приложенной схематической фигурѣ изображенъ случай перемѣщенія центра тяжести тѣла o въ точку o' , вслѣдствіе отведенія во фронтальной плоскости тѣла (въ плоскости бумаги) руки, согнутой въ локтѣ. Если a и b суть центры тяжести плеча и предплечія съ кистью, то общій центръ тяжести согнутой руки будетъ лежать на прямой ab и положеніе его въ точкѣ c опредѣляется отношеніемъ между вѣсами плеча и предплечія. Такъ, если вѣсъ плеча относится къ вѣсу предплечія какъ 5 : 4, то мѣсто точки c опредѣляется равенствомъ $ac : bc = 4 : 5$. На

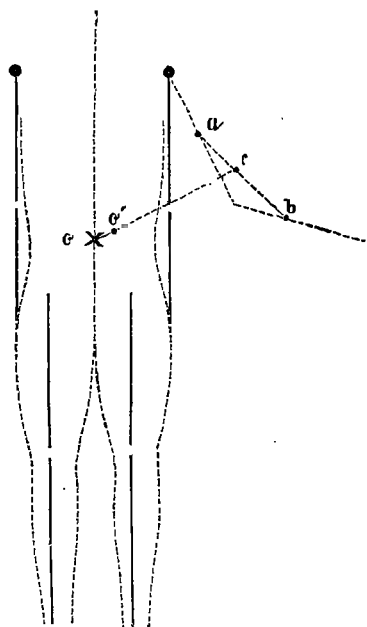


Рис. 46.

тѣхъ же основаніяхъ общій центръ тяжести туловища и отведенной руки будетъ лежать въ прямой os и точка o' —мѣсто перемѣщеннаго центра тяжести—должна лежать на os такимъ образомъ, чтобы oo' было во столько разъ меньше $o's$, во сколько разъ вѣсъ туловища (безъ вѣса отведенной руки) больше вѣса руки, т.-е. среднимъ числомъ въ отношеніи 3 : 50. Понятно далѣе, что вмѣстѣ съ перемѣщеніемъ центра тяжести должна наклониться въ сторону отведенной руки и ось туловища. Когда рука слабо или вовсе не отягощена, измѣненія въ положеніи оси и центра тяжести бываютъ такъ незначительны, что могутъ не вызвать компенсирующаго дѣйствія туловищныхъ мышцъ. Наоборотъ, при сильныхъ тягахъ или давленіяхъ съ рукъ на туловище, въ компенсаціи нарушеннаго равновѣсія частей принимаютъ участіе сверхъ туловищныхъ мышцъ и ножныя. Что-

бы избѣжать длиннаго перечня относящихся сюда различныхъ случаевъ приложенія тягъ и давленій къ верхней части туловища, я опишу здѣсь подробно (ниже будутъ приведены два другіе случая) одинъ такой примѣръ; именно случай, когда человѣкъ, стоя, имѣетъ противостоять горизонтальной тягѣ дѣйствующей въ сагиттальной плоскости его тѣла на высотѣ плечъ и стремящейся опрокинуть тѣло впередъ:—имѣетъ, на-

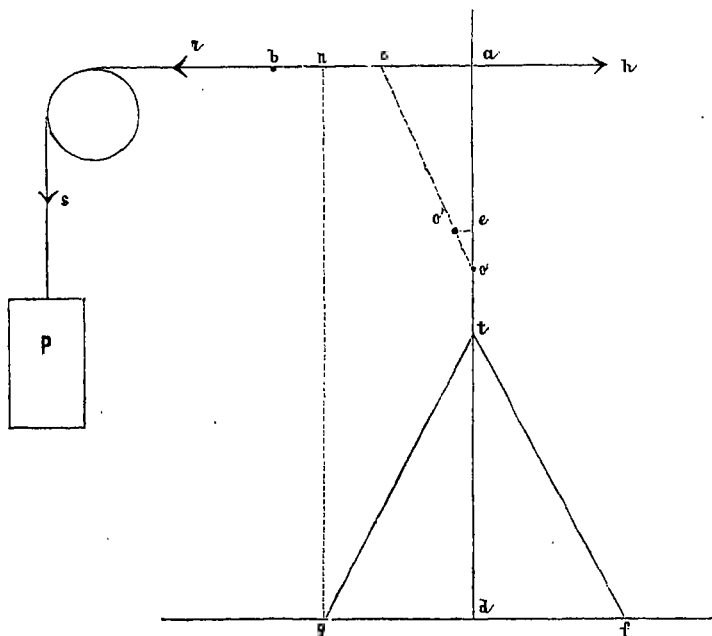


Рис. 47.

примѣръ (рис. 47), поддерживать вытянутыми горизонтально и сведенными другъ съ другомъ руками грузъ p посредствомъ перекинутой черезъ блокъ веревки. Чертежъ изображаетъ случай столь большого груза, что человѣкъ вынужденъ, ради большей устойчивости тѣла, раздвинуть ноги симметрично относительно оси тѣла (ad) одну впередъ, другую назадъ; и пусть разстояніе между стопами по горизонту (fg) будетъ 76 см. Тогда у мужчины средняго роста высота стоянія центра тяжести тѣла, точки o , надъ горизонтомъ будетъ 90 см. Фронтъ плечъ стоитъ перпендикулярно къ направленію тяги rs ; слѣ-

довательно точка a обозначает высоту стоянія прямой, соединяющей центры вращенія рукъ въ плечевомъ суставѣ, надъ горизонтомъ. Если высота стоянія a надъ центромъ тяжести тѣла равна 13 см., то $ad = 133$ см. Наконецъ, если длина вытянутыхъ рукъ до середины ладонной поверхности 55 см., а ширина плечъ 32 см., то отстояніе точки сведенія ручныхъ кистей отъ фронтальной плоскости плечъ, т.-е. длина прямой ab , будетъ 52,6 см. $[V55^2 - 16^2]$. По этимъ даннымъ, уже легко высчитать величину перемѣщенія центра тяжести тѣла, вслѣдствіе горизонтальнаго поднятія обѣихъ рукъ. Если въ рукахъ вѣсъ плечъ къ вѣсу предплечій съ кистями относится какъ 5 къ 4, то общій центръ тяжести обѣихъ рукъ будетъ на прямой ab , лежащей (какъ и точка o) въ сагиттальной плоскости тѣла, въ точкѣ c , отстоящей отъ a круглымъ числомъ на 23 см. $\left(\frac{52,6}{9} \cdot 4\right)$. Перемѣщенный центръ тяжести (o') будетъ лежать на прямой co длиною въ 48 см. $(V13^2 + 23^2)$, въ разстояніи 3,84 см. отъ o $\left(\frac{48}{75} \cdot 6\right)$, если вѣсъ тѣла съ руками 75, а обѣ руки вѣсятъ 6. Наконецъ, изъ подобія $\triangle aoc$ и $eo'o'$, выходитъ $eo' = 1,84$ см.; $eo = 3,4$ см. Стало быть, центръ тяжести перемѣстился вертикально на 3,4 см. вверхъ, и горизонтально на 1,84 впередъ. Понятно, что безъ тяги rs , ничтожнаго противодѣйствія разгибателей спины достаточно, чтобы вернуть o' въ e .

Теперь представимъ себѣ, что тяга rs приложена не къ рукамъ, а въ точкѣ туловища a (черезъ это условія ея дѣйствія не измѣняются). Тогда дѣйствіе тяги можетъ быть тройкое: выгибаніе позвонковъ впередъ, наклонъ всего туловища въ тазобедренныхъ суставахъ въ томъ же направленіи и наконецъ паденіе всего тѣла впередъ, вращеніемъ его, какъ ломанаго рычага gta , около точки g . Дѣйствіе на позвонки будетъ неодинаково: всего сильнѣе на поясничные—наименѣе подвижные и наиболѣе стойко фиксированныя мышцами. Стало быть, спина можетъ противостоять значительнымъ грузамъ, выгибаясь лишь въ верхнихъ частяхъ. Еще прочнѣе фиксировано туловище въ тазобедренныхъ суставахъ, ибо здѣсь противодѣйствуютъ тягѣ самыя сильныя мышцы тѣла. Наименѣе стойко фиксировано все тѣло въ точкѣ g противъ паденія впередъ. Здѣсь плечомъ дѣйствія тяги будетъ вся длина тѣла отъ a до d , а плечомъ дѣйствія груза будетъ gd . Слѣдовательно

$$ad \cdot p = gd \cdot 75 \text{ кило}$$

Чѣмъ больше разставлены ноги, тѣмъ меньше ad и тѣмъ больше gd ; слѣдовательно тѣмъ большими тягамъ можетъ противостоять тѣло; и лишь при $gd = ad$ величина сопротивленія можетъ сдѣлаться равной вѣсу тѣла.

Третій видъ участія туловищныхъ мышцъ въ работахъ рукъ былъ выраженъ словами: онѣ облегчаютъ работу рукъ наклонами туловища въ разныя стороны и вращеніями его вокругъ продольной оси.

Суть дѣла здѣсь въ томъ, что въ ручныхъ работахъ, совершающихся подъ непрерывнымъ контролемъ зрѣнія и не требующихъ большихъ мышечныхъ усилій, работнику всего удобнѣе (и выгоднѣе, въ смыслѣ экономіи силъ) держать обрабатываемый предметъ «прямо передъ собою», т.-е. въ сагиттальной плоскости тѣла, или что то же, становиться лицомъ къ предмету. вмѣстѣ съ этимъ ему удобнѣе работать не вытянутыми а укороченными руками, ради ясности видѣнія и по той простой причинѣ, что движенія укороченной руки несравненно разнообразнѣе, такъ какъ она можетъ измѣниться по длинѣ въ ту и другую сторону, а вытянутая рука только въ одну. Вращеніями туловища вокругъ продольной оси достигается первая цѣль; а наклонами его въ разныя стороны — удлиненія и укороченія рукъ въ разныхъ направленіяхъ. Бываютъ, конечно, случаи, гдѣ наклонами туловища достигаются очень сильныя эффекты; но это уже случай туловищныхъ работъ, совмѣстно съ ножными, объ которыхъ теперь и пойдетъ рѣчь.

Выше было уже сказано, что въ стоячемъ положеніи обѣ ноги, взятыя вмѣстѣ, представляютъ продолженіе туловища подвижное въ тѣхъ самыхъ направленіяхъ, въ которыхъ подвижно послѣднее.

Въ самомъ дѣлѣ, сгибанію позвоночника впередъ, какъ укороченію оси туловища, соответствуетъ укороченіе обѣихъ ногъ сгибаніемъ каждой въ трехъ суставахъ, тазовомъ, колѣнномъ и голенно-стопномъ. При этомъ взаимныя сгибы туловища, бедеръ, голеней и стопъ могутъ доходить до острыхъ угловъ; значить, укороченіе всей оси тѣла производится, главнымъ образомъ, ногами. Сгибаніямъ позвоночника въ бока при вертикальномъ стояніи ногъ соответствуютъ незначительныя вращенія таза около бедренныхъ головокъ во фронтальной пло-

скости тѣла и вращенія въ той же плоскости голеней въ голенно-стопныхъ суставахъ. Тазомъ двигаютъ при этомъ средняя и малая сѣдалищная мышца, а голенями тѣ самыя мускулы, которые вращаютъ ступню около продольной оси, дѣйствуя теперь не сверху внизъ, а наоборотъ—изъ неподвижной ступни. Впрочемъ, тѣ и другія перемѣщенія незначительны: вращеніе таза около бедренныхъ головокъ ограничивается натяженіемъ подвздошно-бедренныхъ связокъ. Въ этомъ легко убѣдиться изъ того обстоятельства, что въ сидячемъ положеніи, когда связки расслаблены, вращенія таза въ бока становятся больше. Впрочемъ, и въ стоячемъ положеніи наклоны эти могутъ быть усилены стояніемъ на ногахъ неравной длины, именно укороченіемъ ноги на сторонѣ изгиба туловища. Что касается, наконецъ, до вращеній таза около бедренныхъ головокъ, производимаго мышцами, закручивающими позвоночникъ вокругъ продольной оси, то и оно ограничивается въ стоячемъ положеніи натяженіемъ подвздошно-бедренныхъ связокъ. Стоять однако держать колѣни нѣсколько согнутыми, и тогда закручиваніе позвоночника въ ту и другую сторону усиливается вращеніями таза вмѣстѣ съ бедрами въ колѣнныхъ сочлененіяхъ, при чемъ дѣятелями являются такъ паз. вращатели голени, дѣйствующие теперь не сверху внизъ, а обратно изъ неподвижныхъ голеней. Всего же сильнѣе вращается тазъ около продольной оси перемѣщеніями той или другой ноги изъ фронтальной плоскости прямо впередъ или назадъ.

Изъ такого совмѣстнаго дѣйствія двигателей позвоночника и ногъ и слагаются всѣ наиболѣе трудныя мышечныя работы человѣка, при чемъ, какъ во всякихъ работахъ вообще, одна система мышцъ, то въ туловищѣ, то въ ногахъ, работаетъ двигательно, а другая держитъ устойчиво ту или другую часть тѣла.

Между такими работами стоятъ по трудности на одномъ изъ первыхъ мѣстъ работы ношенія на спинѣ большихъ тяжестей. Съ нихъ мы и начнемъ.

При этомъ туловище держится, какъ извѣстно, наклоненнымъ впередъ и спину грузятъ такимъ образомъ, чтобы грузъ своею тяжестью не только не способствовалъ выпрямленію

туловища, по усиливать бы нѣсколько нагибаніе спины впередъ, потому что по устройству тазобедренныхъ двигателей тяги противъ паденія нагруженнаго такимъ образомъ тѣла впередъ гораздо сильнѣе тягъ, препятствующихъ опрокидыванію его назадъ [опрокидыванію таза назадъ противоѣствовали бы только *ileo-psoas* и *pectinaeus*, а паденію впередъ противоѣствуетъ вся система разгибателей тазобедренного угла]. Въ такомъ наклонномъ положеніи туловище остается все время, пока грузъ переносится съ мѣста на мѣсто; слѣдовательно, въ работахъ этого рода слѣдуетъ различать двѣ стороны: статическую работу держанія нагруженнаго туловища въ наклонномъ положеніи и ходьбу при такихъ условіяхъ.

Съ цѣлью выясненія механизма и величины дѣйствія тягъ, препятствующихъ паденію наклоненнаго туловища, безъ нагрузки и съ нагрузкой спины, впередъ, на приложенномъ рисункѣ (рис. 48) приведены три положенія таза въ профиль: *A* при вертикальномъ стояніи туловища, *B* при наклонѣ его оси на 50° впередъ и *C* при наклонѣ на прямой уголъ. Черезъ точку *o*, перпендикулярно къ плоскости бумаги, проходитъ ось вращенія таза—прямая, соединяющая центры бедренныхъ головокъ. Ось туловища *bc* лежитъ сантиметровъ на 5 позади оси вращенія таза, а центръ тяжести туловища—сантиметровъ на 3.5 надъ этой осью, на уровнѣ 9—10 грудного позвонка [на рисункѣ онъ не обозначенъ]. Если поэтому *oa* изображаетъ перпендикуляръ къ оси вращенія таза изъ ея середины, а линія *od*—прямую отъ основанія этого перпендикуляра къ центру тяжести туловища, то уголъ между ними *aod* будетъ круглымъ числомъ равенъ 8° ; *n* во всѣхъ фигурахъ есть сѣдалищный бугоръ, а *m* соответствуетъ восходящей части *ossis ischii*. Отстояніе сѣдалищныхъ бугровъ отъ центровъ бедренныхъ головокъ, т.-е. длина *on*, 8—9 сант. Наконецъ, стрѣлки *k* и *l* обозначаютъ направленіе равнодѣйствующихъ тягъ большой сѣдалищной мышцы и мускуловъ, родящихся отъ сѣдалищнаго бугра.

Такъ какъ центръ тяжести туловища лежитъ (по *Мейеру*) позади отъ вертикальной плоскости черезъ ось вращенія таза, то въ самомъ началѣ наклоненія послѣдняго впередъ, пока центръ тяжести туловища не зашелъ за эту плоскость, удер-

живающимъ отъ паденія впередъ разгибателямъ тазобедреннаго угла нѣтъ повода сокращаться. При наклонахъ же

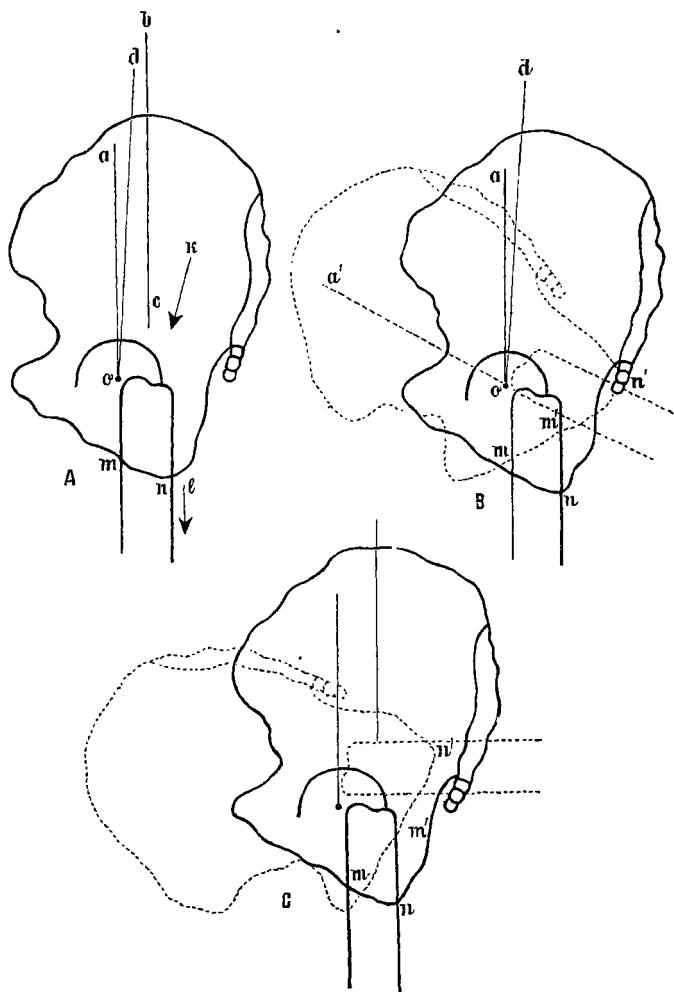


Рис. 48.

за этимъ предѣломъ тяга k , очевидно, находится нѣкоторое время въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ для противо-дѣйствія наклону, чѣмъ тяга l ; слѣдовательно, тутъ работать

всего удобнѣе большимъ сѣдалищнымъ мышцамъ. Но по мѣрѣ дальнѣйшаго наклоненія таза, сѣдалищный бугоръ (n) съ подлежащею частью mn все больше и больше заходитъ за продольную ось бедренной кости (въ фиг. B и C положеніе ихъ обозначено буквами m' и n'), вслѣдствіе чего получаютъ возможность противодѣйствовать наклону таза (съ туловищемъ) всѣ мышцы, родящіяся верхними концами отъ участковъ mn , а нижнимъ прикрѣпляющіяся къ бедренной и берцовой костямъ. Этихъ мышцъ, какъ извѣстно изъ анатоміи, 5—*adductor magnus*, *gracilis*, *cap. long. bicipitis*, *semimembranosus* и *semitendinosus*, и между ними первая и двѣ послѣднія суть очень сильныя мышцы—первая по толщинѣ, а двѣ послѣднія по перистому расположенію ихъ волоконъ. Изъ фигуръ B и C непосредственно видно, что условія для дѣйствія ихъ тягъ всего благоприятнѣе при наклонѣ оси туловища изъ отвѣснаго положенія градусовъ на 50 впередъ, потому что тогда сѣдалищный бугоръ находится въ наибольшемъ удаленіи отъ оси вращенія таза и тягамъ мышцъ соответствуютъ наибольшія длины плечъ.

Насколько сильны должны быть эти тяги, чтобы удерживать отъ паденія впередъ наклоненное туловище безъ всякой нагрузки спины, можетъ показать слѣдующій приблизительный расчетъ по приведеннымъ выше цифровымъ даннымъ *).

Изъ фиг. B (рис. 48) непосредственно видно, что если отвѣсъ oa , описавъ при наклоненіи таза уголъ aoa' въ 50° , будетъ наклоненъ къ горизонту на 40° , то прямая od , перемѣстившись на тотъ же уголъ, будетъ наклонена къ горизонту на 48° ; слѣдовательно, плечо дѣйствія груза туловища будетъ равно въ сантиметрахъ

$$\cos 48^\circ \sqrt{5^2 + 35^2} = 23,65,$$

а плечо дѣйствія равнодѣйствующей всѣхъ тягъ, приложенныхъ къ сѣдалищному бугру съ подлежащей частью, —никакъ

*) Я нѣсколько преувеличилъ, можетъ-быть, отстояніе центра тяжести отъ вертикальной плоскости черезъ ось вращенія, взявъ его въ 5 сантиметровъ; но отстояніе это, по *Мейеру*, во всякомъ случаѣ должно быть болѣе 3—4 сантиметровъ.

не болѣе 5 сант. Слѣдовательно, при вѣсѣ туловища съ руками и головой въ 50 кило будемъ имѣть для величины тяги f , уравнивающей паденіе его впередъ,

$$f = \frac{50 \cdot 23,65}{5} = 236,5 \text{ кило (около 15 пудовъ)}.$$

Величина уравнивающей тяги f при нагрузкѣ спины, конечно, возрастаетъ, но наростаніе это зависитъ при данной величинѣ груза отъ способа нагрузки, именно, насколько лежитъ по горизонту центръ тяжести груза кпереди отъ оси вращенія таза. Если, напримѣръ, грузъ вѣситъ 10 пудовъ и центръ его тяжести лежитъ отъ оси вращенія на 3 сант. по горизонту, то уравнивающая тяга должна будетъ возрасти на 5 пудовъ, а при отстояніи въ 1 сант. — всего на 1 пудъ. Но это не конецъ — самая тяжелая работа для мышцъ ногъ наступаетъ съ того момента, какъ начинается ходьба съ такимъ грузомъ на спинѣ, потому что въ теченіе каждаго шага бываетъ моментъ, когда мышцамъ опорной ноги приходится дѣлать 4 дѣла: перетягивать на свою сторону (при содѣйствіи толчка распрямляющагося заднею ногою) центръ тяжести нагруженнаго тѣла, поддерживать туловище попрежнему въ наклонномъ положеніи, поднимать его вверхъ и затѣмъ удерживать отъ крутого паденія впередъ. При этомъ между мышцами происходитъ, вѣроятно, такое раздѣленіе работы: большая сѣдалищная мышца вмѣстѣ съ средней и малой, перенося тѣло на сторону опорной ноги, содѣйствуютъ этимъ самымъ поднятію центра тяжести тѣла вверхъ, производимому толчкомъ распрямляющагося (во всѣхъ суставахъ) задней ноги, все же остальное дѣлаютъ разгибатели опорной ноги. Значитъ, во время ходьбы бываютъ моменты, когда мышцамъ одной ноги приходится не только удерживать наклоненное и нагруженное туловище отъ паденія впередъ, но даже поднимать его вверхъ.

Какъ ни трудна съ виду такая работа, но не трудно убѣдиться, что она далеко не исчерпываетъ силы ножныхъ мышцъ. Изъ приведенныхъ выше опытовъ *Гаутона* выходитъ, что maximum подъемной силы четырехъ сгибателей голени

(biceps, gracilis, semimembranosus и semitendinosus) въ одной ногѣ превышаетъ 25 пудовъ, а въ нашемъ случаѣ вмѣстѣ съ ними работаетъ самая сильная изъ всѣхъ—adductor magnus; стало-быть въ нашемъ примѣрѣ въ дѣлѣ удерживанія туловища отъ паденія энергія самой сильной мышцы остается, такъ сказать, нетронутой. Едва ли меньшій излишекъ энергіи сверхъ затраты представляетъ могучая группа сѣдалищныхъ мышцъ съ разгибателемъ колѣна, поднимая грузъ въ 25 пудовъ на какіе-нибудь 1—1,5 сант. высоты. Группа эта, конечно, самая сильная въ тѣлѣ. Къ тому же нужно принять въ соображеніе, что носить на спинѣ большіе грузы люди привычны къ этой работѣ, съ упражненной въ этомъ направленіи мускулатурой.

Отжившая свой вѣкъ «бурлацкая тяга» представляетъ другой и очень любопытный примѣръ утилизаціи ходьбы въ дѣлѣ передвиженія тяжестей. Любопытенъ онъ тѣмъ, что здѣсь на помощь работающимъ ногамъ, а по временамъ даже полнымъ замѣстителемъ ихъ, является тяжесть падающаго тѣла. Именно, когда бурлакъ держитъ свое тѣло настолько сильно наклоненнымъ впередъ, что оно виситъ на лямкѣ и, падая впередъ, увлекаетъ за собою передвигаемый грузъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ онъ, конечно, идетъ; но вслѣдствіе низкаго стоянія таза вынужденъ тогда идти мелкими шагами, иначе ему пришлось бы работать настолько лямочной тягой, сколько мышцами сильно согнутыхъ во всѣхъ сочлененіяхъ ногъ (при разгибаніи ихъ), т.-е. производить очень тяжелую работу, не пользуясь даровой силой паденія собственнаго тѣла *). Пользованіе ею вело, правда, къ тому, что грузъ передвигался съ величайшей медленностью; но вѣдь бурлацкая тяга царствовала на нашихъ рѣкахъ въ то время, когда время не считалось деньгами.

При помощи прилагаемой схемы (рис. 49) легко составить себѣ понятіе о величинѣ тяги, даваемой паденіемъ тѣла. Прямая *ah* представляетъ въ одно и то же время наклоненную

*) Она не совсѣмъ даровая, потому что съ каждымъ шагомъ опорная нога все-таки должна упираться въ землю и активно разгибаться. Кромѣ того, сгибатели туловища и спины должны противодействовать разгибающему дѣйствию грузовой тяги.

къ горизонту ось тѣла, съ центромъ его тяжести въ o , и одноплечный рычагъ съ точкой вращенія a , — рычагъ, къ которому приложенъ въ o грузъ, соответствующій вѣсу тѣла. Если приэтомъ длина прямой os представляетъ величину отвѣсной тяги, производимой этимъ грузомъ (т.-е. тяжестью тѣла), то oe будетъ тою слагаемой этой тяги, которая производитъ паденіе тѣла, а равная ей по длинѣ и противоположно направленная of будетъ тягой,

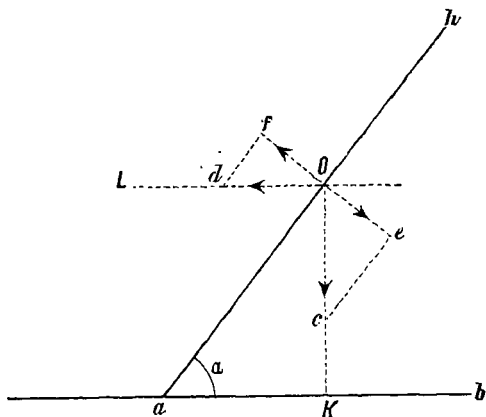


Рис. 49.

уравновѣшивающей тягу паденія тѣла oc . Положимъ далѣе, что лямочная тяга была приложена къ рычагу тоже въ точкѣ o и дѣйствовала въ горизонтальномъ направленіи. Тогда do будетъ изображать величину тяги со стороны передвигаемаго груза на лямку, уравновѣшивающую тягу паденія тѣла, oc . При неизмѣнной величинѣ послѣдней, тяга do будетъ измѣняться съ величиною наклона тѣла къ горизонту, т.-е. угла hab , и именно увеличиваться по мѣрѣ уменьшенія этого угла. Другими словами, тяга паденія тѣла будетъ уравновѣшивать (слѣдовательно, и побѣждать) тѣмъ большее сопротивленіе со стороны передвигаемаго груза, чѣмъ болѣе наклонна ось тѣла къ горизонту. Вообще же, по закону равновѣсія силъ на рычагахъ,

$$do \cdot ok = oc \cdot ak,$$

или, что то же,

$$do = oc \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = oc \frac{\sin 90^\circ - \alpha}{\cos 90^\circ - \alpha},$$

если уголъ наклона къ горизонту обозначимъ черезъ α .

Но точка приложенія лямочной тяги лежитъ всегда выше центра тяжести тѣла, именно въ верхней половинѣ спины;

слѣдовательно, плечо дѣйствія противодѣйствующаго груза всегда болѣе ok , и во сколько разъ оно болѣе, во столько же разъ уменьшится самая тяга. Другими словами, тяга паденія тѣла будетъ преодолевать тѣмъ меньшія величины сопротивленія, чѣмъ выше лежитъ точка приложенія лямочной тяги надъ центромъ тяжести тѣла. Въ нашемъ чертежѣ, на примѣръ, при $\alpha = 52^\circ 20'$ и точкѣ приложенія лямочной тяги въ o

$$do = 75 \text{ кило} \times 0,7719;$$

если же точка приложенія тяги лежитъ надъ o , на примѣръ, на $\frac{1}{3}$ высоты стоянія o надъ горизонтомъ, то

$$do = 75 \text{ кило} \times 0,7719 \times 0,75.$$

Провѣрочный опытъ на мужчинѣ въ 76 кило вѣсомъ былъ сдѣланъ при слѣдующихъ условіяхъ: $\alpha = 65^\circ$; $ao = 1$ м.; мѣсто лямки надъ o — 36 см. По этимъ даннымъ тяга паденія уравнивалась грузомъ (перекинутымъ черезъ блокъ) въ 26 кило; подняла же она всего 24,18 кило, около 1,5 пуда. Примѣромъ, гдѣ должны усиленно работать статически разгибатели спины вмѣстѣ съ разгибателями тѣла въ тазобедренныхъ суставахъ, можетъ служить форма состязанія въ силѣ двухъ людей одинаковаго роста и вѣса, схематизированная на приложенномъ рисункѣ (рис. 50). Оба борца сидятъ на полу, упираясь подошвами вытянутыхъ ногъ (оси ихъ изображены прямыми bc и $b'c$) другъ въ друга; туловища обоихъ (оси ихъ суть bd и $b'd'$) наклонены впередъ, чтобы вытянутыя впередъ руки (de и $d'e$) могли охватить палку e . Борьба состоитъ въ томъ, чтобы побѣдитель, разогнувъ силою мышцъ уголъ dbc , поднялъ туловище противника на вытянутыхъ ногахъ вверхъ (т.-е. поднялъ точку b' вверхъ по дугѣ $b'p$). На рис. изображена тяга $d'f$ лѣваго борца, дѣйствующая на руки праваго и черезъ нихъ на туловище съ ногами, представляющее ломанный рычагъ $d'b'c$ съ точкой вращенія въ c . Тяга $d'f$ даетъ двѣ слагаемыя $d'h$ и $d'g$, изъ которыхъ послѣдняя, дѣйствуя на гибкій позвоночникъ туловища $b'd'$, стремится прежде всего согнуть спину и затѣмъ наклонить тазъ, а слагаемая $d'h$ идетъ на поднятіе точки b' . То же происходитъ, конечно, и слѣва; но побѣда, или по крайней мѣрѣ шансы

даго изъ борцовъ въ 75 кило, сумма моментовъ грузовъ, противодѣйствующихъ поднятію тѣла будетъ

$$\overset{\text{кило}}{50} \times 66,5 + \overset{\text{кило}}{25} \times 55 = 4700$$

Понятно далѣе, что въ случаѣ, еслибы къ точкѣ *b'* лома-наго рычага была приложена снизу тяга, дѣйствующая отвѣсно вверхъ, то, дѣйствуя на плечо *cb'* длиною въ 89 см., она уравнировала бы тяги обоихъ грузовъ при слѣдующемъ условіи:

$$x \cdot 89 = 4700, \text{ или } x = 52,8$$

т.-е. при тягѣ въ 52,8 кило.

Изъ рис. 50 непосредственно видно далѣе, что такая отвѣсная тяга и соотвѣтствующая ей горизонтальная, дѣйствующая на руку противника, должны стоять другъ къ другу въ томъ же отношеніи, какъ тяги *b'l* и *d'f*, потому что *b'k* взято равнымъ слагаемой *d'h*. Такимъ образомъ, мы имѣли бы

$$b'l = d'f \cdot \sin 40^\circ \cdot \cos 40^\circ = d'f \cdot 0,4924.$$

Значить, горизонтальная тяга, соотвѣтствующая отвѣсной въ 52,8 кило, будетъ

$$\frac{52,80}{0,4914} = 107,2 \text{ кило (около 7 пудовъ);}$$

а ея слагаемая, сгибающая спину: 82,1 кило (около 5 пудовъ).

Такимъ же въ сущности образомъ работаютъ мышцы у гребца въ двухвесельной лодкѣ противъ сильнаго теченія.

Изъ приведенныхъ примѣровъ уже само собою слѣдуетъ, что ношеніе грузовъ на спинѣ съ высокимъ положеніемъ ихъ центра тяжести надъ осью вращенія таза, особенно же при ношеніи на плечахъ или спереди на груди, возможно только при держаніи туловища въ отвѣсномъ положеніи, а въ послѣднемъ случаѣ—даже съ нѣкоторымъ отклоненіемъ его назадъ. Такъ, по крайней мѣрѣ, держатъ туловище рабочіе, нося на груди лукошки съ сѣменами при засѣваніи поля изъ руки.

Наклоны тѣла въ бока и выпрямленіе изъ этого положенія, какъ движенія, не могутъ имѣть въ работахъ большаго значенія, потому что производимыя ими укороченія и удли-

ненія оси тѣла незначительны. Но въ случаяхъ, когда человѣку въ стоячемъ положеніи приходится устойчиво противостоять тягамъ и давленіямъ, дѣйствующимъ на верхнюю часть туловища, статическая «работа боками» приобретаетъ, какъ сейчасъ увидимъ, очень большое значеніе. Возьмемъ, наприм., случай, что на грудь человѣка въ стоячемъ положеніи производится напирательною тяжестью давленіе спереди назадъ въ горизонтальномъ или въ нѣсколько наклонномъ направленіи. Выдержать сильный напоръ, не измѣняя положенія тѣла, человѣкъ въ этомъ положеніи не можетъ, потому что и безъ того тѣло его мало устойчиво, вслѣдствіе высокаго стоянія центра тяжести надъ точками опоры. Что же сдѣлаетъ человѣкъ, чтобы наиболѣе устойчиво противостоять напору? Прежде всего онъ отставитъ одну изъ ногъ назадъ, и именно такъ, чтобы фронтъ таза и обѣихъ ногъ сталъ какъ разъ въ направленіе дѣйствующаго давленія, при чемъ фронтъ плечъ станетъ въ то же направленіе уже самъ собою; словомъ, онъ станетъ къ дѣйствующему давленію бокомъ, съ отставленною кзади ногою. Черезъ это сразу приобретется слѣдующій рядъ выгодъ: понизится центръ тяжести тѣла; устранится возможность образованія вращательной слагаемой давленія, если точка приложенія послѣдняго лежала сначала внѣ сагиттальной плоскости тѣла; и создастся изъ задней ноги тѣмъ болѣе твердая опора (контрфорсъ для туловища), что въ бока ноги вовсе не сгибаемы въ колѣнномъ суставѣ и очень мало въ голеностопномъ. Если же ко всему этому присоединится еще боковой наклонъ туловища въ сторону давленія, такъ чтобы мѣстомъ приложенія послѣдняго служило плечо человѣка какъ можно ближе къ позвоночнику, то тѣло становится способнымъ выдерживать очень сильный напоръ. Дѣло въ томъ, что при этихъ условіяхъ давленіе, дѣйствуя главнымъ образомъ на позвоночникъ и дѣйствуя на него подъ очень острымъ угломъ, даетъ очень незначительную слагаемую для изгибанія его вбокъ, а главная слагаемая направляется по продольной оси позвоночника, почти совпадающей съ продольной осью задней опорной ноги. Къ тому же неизбежное при этомъ издавливаніе напирательнымъ грузомъ плечевой вилки стремится выгнуть позвоночникъ въ противоположную сторону. Главными дѣятелями при этомъ

являются, конечно, разгибатели туловища въ бока (между прочимъ наиболѣе заднія изъ волоконъ обѣихъ косыхъ брюшныхъ мышцъ, идущія почти отвѣсно отъ гребня подвздошныхъ костей вверхъ) и однѣхъ этихъ тягъ, укрѣпляющихъ положеніе позвоночника, было бы достаточно для противостоянія очень сильнымъ напорамъ *). Но на помощь этимъ тягамъ являются пожные тяги, которыми укрѣпляется положеніе таза относительно опорной поги и неподвижность голени въ голеностопномъ сочлененіи.

Что касается, наконецъ, до участія въ работахъ вращателей туловища вокругъ продольной оси, то оно исчерпывается услугами ставленія фронта плечъ въ различныя положенія, независимо отъ положенія фронта таза.

Такимъ образомъ задача описанія рабочихъ движеній туловища и конечностей кончена, и мнѣ остается лишь описать сопровождающія эти движенія явленія.

Косвенное участіе въ рабочихъ движеніяхъ двигателей головы и глазъ. Описанная на предшествующихъ страницахъ картина рабочихъ движеній туловища и конечностей была бы неполной, еслибы мы обошли молчаніемъ участіе въ ней двигателей головы и глазъ. Участіе это, правда, косвенное, нисколько не вліяющее на величину производимой работы; но оно тѣмъ не менѣе очень важно, потому что всѣ вообще работы, въ особенности же ручныя, совершаются не иначе, какъ подъ контролемъ зрѣнія.—Чтобы работать правильно, человѣкъ вынужденъ неустанно слѣдить глазами за тѣмъ, что дѣлають руки, т.-е. согласовать извѣстнымъ образомъ передвиженія тѣхъ и другихъ по быстротѣ и направленію. При этомъ оба глаза дѣйствуютъ всегда вмѣстѣ, какъ единичный зрительный органъ, и къ нимъ присоединяются обыкновенно вспомогательныя движенія головы. Стало быть, весь поднятый нами вопросъ заключается въ томъ, въ какомъ видѣ согласованы передвиженія рукъ съ одновременными передвиженіями обоихъ глазъ; чѣмъ опредѣляется такое согласованіе и какое значеніе имѣють вспомогательныя движенія головы.

*) Такъ, тяжесть въ 20 пудовъ, напирая на позвоночникъ подъ угломъ въ 15°, даетъ сгибающую его слагаемую всего въ 5 пудовъ съ небольшимъ.

Чтобы по возможности упростить отвѣты на эти вопросы, представимъ себѣ слѣдующій простой случай. Человѣкъ, сидя передъ столомъ, беретъ обѣими руками какой-нибудь предметъ, наприм., песочницу, и обѣими же руками, не отрывая ихъ отъ предмета, передвигаетъ его по столу съ мѣста на мѣсто; ради еще большей простоты, представимъ себѣ передвигающія руки въ видѣ прямыхъ линій (рис. 51). Если при этомъ a и b суть точки вращенія рукъ въ плечахъ, а m , n , p , q — точки на столѣ, че-

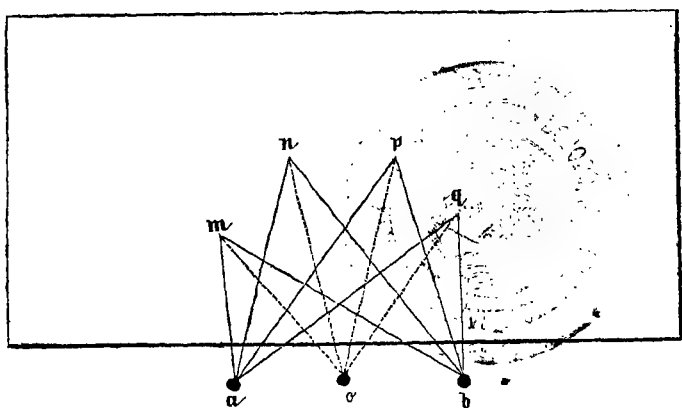


Рис. 51.

резъ которыхъ перемѣщается предметъ, то пары am и bt , an и bn и т. д. будутъ представлять одновременныя положенія обѣихъ перемѣщающихся рукъ. Изъ 4 точекъ двѣ среднія n и d , какъ лежація прямо передъ фронтомъ плечъ, могутъ быть достигнуты руками безъ перемѣны этого фронта. Но положимъ, что точка q лежитъ отъ a (плеча лѣвой руки) далѣе, чѣмъ на длину вытянутой руки; чтобы поставить предметъ обѣими руками въ q , человѣку придется повернуть фронтъ плечъ лѣвымъ впередъ; и поворотъ этотъ будетъ вспомогательнымъ движеніемъ по отношенію къ перемѣщающимся рукамъ.

Теперь представимъ себѣ, что человѣкъ слѣдитъ глазами за передвиженіями этого самого предмета. На томъ же рисункѣ точки вращенія обоихъ глазъ слѣдовало бы представить лежащими между a и b , такъ какъ глаза лежатъ ближе другъ къ другу, чѣмъ центры плечевыхъ суставовъ; но ради простоты

мы помѣстимъ ихъ въ a и b , потому что механизмъ слѣженія глазами за двигающимся предметомъ черезъ это нисколько не измѣняется. Чтобы слѣдить за движущимся предметомъ, прежде всего нужно, конечно, видѣть его ясно; а для этого необходимо ставить глаза относительно предмета такимъ образомъ, чтобы онъ стоялъ противъ серединѣ обоихъ зрачковъ.—Чтобы видѣть, на примѣръ, ясно точку m , при положеніи глазъ въ a и b , оба глаза нужно повернуть влево въ сторону m , и правый сильнѣе лѣваго; а при смотрѣніи на точку n —наоборотъ. Прямую линію отъ предмета къ серединѣ зрачка мы назовемъ зрительной осью глаза и примемъ, что, будучи продолжена назадъ въ глазное яблоко, она пройдетъ черезъ центръ его вращенія. Тогда пары am и bm , an и bn , ap и bp ... будутъ зрительными осями лѣваго и праваго глаза при послѣдовательномъ смотрѣніи на точки m , n , p .—При этомъ условіи,—и только при этомъ,—точки m , n ... будутъ видѣться ясно *) и притомъ единично, несмотря на то, что смотрятъ и видятъ два глаза:—человѣку тогда кажется, что онъ видитъ какъ будто однимъ глазомъ (на рис. положеніе его обозначено точкой o) въ направленіи прямыхъ (om , on ...) линій отъ этого воображаемаго циклопическаго глаза къ рассматриваемому предмету. Такимъ образомъ выходитъ, что прямые am , bm , an ... представляютъ въ одно и то же время послѣдовательныя положенія рукъ, передвигающихъ предметъ, и соотвѣтственныя положенія зрительныхъ осей глазъ, слѣдящихъ за этими передвиженіями.

Отсюда вытекаетъ и самый смыслъ согласованія ручныхъ и глазныхъ движеній: точка пересѣченія зрительныхъ осей должна лежать постоянно въ какой-либо точкѣ передвигающагося предмета и передвигаться вмѣстѣ съ послѣднимъ по быстротѣ и направленію. Опредѣляется же такая форма согласованія устройствомъ глаза, требующимъ сведенія зрительныхъ осей въ рассматриваемую точку ради ясности и единичности видѣнія. Что же касается до вспомогательныхъ перемѣщеній головы, то они имѣютъ то же значеніе, что перемѣны фронта плечъ въ передвиженіи рукъ. Такъ, если точка q лежитъ сильно въ сторону

*) Описывать здѣсь условія яснаго видѣнія было бы неумѣстно. Интересующихся этимъ вопросомъ отсылаю къ учебникамъ физиологіи, въ отдѣлѣ зрѣнія.

отъ обоихъ глазъ, то при неподвижности головы лѣвому глазу пришлось бы очень сильно поворачиваться къ носу; но стоитъ фронту лица повернуться въ сторону q , и глаза станутъ относительно q въ болѣе удобное положеніе.

Ради простоты, движенія рукъ и глазъ были рассмотрѣны нами для случая, когда предметъ передвигался въ горизонтальной плоскости, оставаясь постоянно удаленнымъ на длину вытянутыхъ рукъ. Но согласованіе ручныхъ и глазныхъ движеній остается полнымъ и для случаевъ, когда ручная кисть вмѣстѣ съ предметомъ перемѣщается по всѣмъ точкамъ рабочаго пространства, вверхъ и внизъ отъ горизонта, вправо и лѣво отъ оси тѣла, то приближаясь, то удаляясь отъ туловища. Для рукъ, при ихъ вращаемости въ шаровыхъ суставахъ и способности укорачиваться сгибами во всѣхъ сочлененіяхъ, такія перемѣщенія ручной кисти понятны, особенно если къ нимъ присоединяются наклоны туловища въ разныя стороны и перемѣщенія фронта плечъ. Но и для перемѣщенія концовъ зрительныхъ осей по всѣмъ точкамъ видимаго пространства имѣются соотвѣтственные приспособленія: вращаемость глазныхъ яблокъ въ глазницахъ, какъ шаровыхъ суставахъ; такая же вращаемость головы около позвоночника, ставящая зрительную ось воображаемаго циклопическаго глаза по всѣмъ радіусамъ видимаго пространства, и аккомодативная способность глазъ, дающая эффекты, соотвѣтствующіе укороченіямъ и удлиненіямъ рукъ.

Искусство согласовать движенія рукъ и глазъ заучивается человѣкомъ съ дѣтства, и случаи къ этому встрѣчаются чуть не ежеминутно—каждый разъ, какъ рука играетъ роль хватательнаго орудія, потому что безъ руководства глазъ служить такимъ орудіемъ она не можетъ *). Съ другой стороны, теперь для читателя должно быть понятно, что въ основѣ такого согласованія лежитъ сходное устройство двигательныхъ механизмовъ рукъ и глазъ.

Вліяніе на работу дыхательныхъ движеній. Ежедневный опытъ показываетъ, что мышечная работа усиливаетъ дыха-

*) У слѣпыхъ руководство ручныхъ движеній зрѣніемъ замѣняетъ руководство такъ-наз. мышечнымъ чувствомъ.

тельные движенія, и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ она энергичнѣе. Происходитъ это оттого, что мышечная дѣятельность, усиленная газовый обмѣнъ въ тѣлѣ, требуетъ усиленной вентиляціи крови, геср. усиленной вентиляціи легкаго. Другая причина, требующая усиленія дыхательныхъ движеній, заключается въ томъ, что по мышцамъ во время ихъ сокращенія протекаетъ, вслѣдствіе расширенія мелкихъ сосудовъ, большее количество крови, что ведетъ за собою слѣдующіе три тѣсно связанные другъ съ другомъ послѣдствія: усиленный притокъ крови къ правому сердцу, усиленную работу праваго желудочка (иначе избытокъ крови застаивался бы въ венной системѣ) и усиленіе дыхательныхъ движеній, какъ средство, облегчающее протеканіе крови черезъ легкое. Въ виду такого вліянія работы на дыхательную механику, было бы въ высшей степени целесообразно такое распредѣленіе мышцъ въ тѣлѣ, при которомъ рабочая мускулатура рукъ, ногъ и туловища стояла бы въ всякой связи съ мускулатурой грудной кѣтки. На дѣлѣ такая раздѣльность существуетъ однако только для мышцъ ногъ, такъ какъ между двигателями плеча и плечевой вилки есть нѣсколько мышцъ, прикрѣпляющихся къ ребрамъ, а между туловищными двигателями даже большинство (почти вся система *ileo-sacro-spinalis*) такихъ. Легко понять, что во время работы съ участіемъ такихъ мышцъ можетъ случаться, и даже очень часто, что рабочая тяга на ребра не совпадаетъ съ дыхательной—эта тянетъ ихъ вверхъ, а та—внизъ; значитъ, рабочее движеніе мѣшаетъ дыхательному. Понятно далѣе, что такіе случаи должны происходить всего чаще во время туловищныхъ работъ. Такъ, наклоны туловища, дѣйствіемъ прямой брюшной мышцы, впередъ, затрудняютъ вдыханіе; разгибаніе туловища, насколько разгибатели оттягиваютъ ребра внизъ, производить то же самое; наклоны въ бока затрудняютъ дыхательныя движенія на сторонѣ наклона. Всего же сильнѣе затрудняется дыханіе въ случаяхъ, когда двигателямъ туловища приходится усиленными тетаническими сокращеніями удерживать туловище въ томъ или другомъ положеніи. Тогда дыханіе останавливается совсѣмъ, лицо краснѣетъ и раздуваются вены. Картина эта, сопровождающая большія мышечныя усилія, конечно, извѣстна всякому. Для нея существуетъ даже

спеціальное названіе — человекъ жилится. Объясняется это очень просто тѣмъ, что человекъ, набравъ воздуха въ легкое и заперевъ гортанное отверстіе, тетанически сокращаетъ всю систему туловищныхъ мышцъ, въ результатъ чего получается, какъ прямое полезное послѣдствіе, — наибольшая устойчивость туловища, и какъ пенужное, косвенное — сдавленіе грудныхъ органовъ, уничтожающее присасывательное дѣйствіе грудной кѣтки на оттокъ венной крови. Чѣмъ же выражаются вообще помѣхи дыхательнымъ движеніямъ? Одышкой, какъ всякія вообще помѣхи дыханію; — на тяжелой работѣ человекъ вынужденъ часто прерывать ее, чтобы отдышаться. Классическими примѣрами такого состоянія могутъ служить случаи одышки при бѣганьи или восхожденіи на крутыя горы. Въ томъ и другомъ случаѣ, помимо сильной работы туловища, мѣшающей дыханію, усиленно работаетъ большая масса мышцъ; слѣдовательно запросъ на усиленіе дыхательныхъ движеній двойной, а удовлетвореніе этой потребности въ обоихъ случаяхъ затруднено.

Такимъ образомъ оказывается, что интерференціей трудныхъ рабочихъ движеній съ дыхательными причиняется существенный ущербъ производительности работы, если она имѣетъ продолжаться часы.

Усталость и отдыхъ. Другая причина, ограничивающая производительность работы, есть усталость. Входитъ въ разсмотрѣніе вопроса, въ чемъ заключается суть и причина ея, мы не будемъ; для насъ важна лишь практическая сторона дѣла, именно, какъ вліяетъ усталость на работу и какъ вліяетъ на усталость отдыхъ. По первому изъ этихъ пунктовъ опытами обыденной жизни давнымъ давно установлены слѣдующіе факты: усталость развивается при всякой вообще мышечной работѣ, непрерывно продолжающейся нѣкоторое время; чѣмъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, тяжелѣе работа, или чѣмъ быстрѣе она совершается, тѣмъ скорѣе наступаетъ усталость; разъ развившись, она постепенно возрастаетъ съ продолженіемъ работы. Выражается же усталость тѣмъ, что параллельно ея развитію идетъ уменьшеніе величины производимой работы. Къ сожалѣнію, законъ нарастанія усталости, въ зависимости отъ обоихъ производящихъ ее факторовъ, — ве-

личины побѣждаемыхъ сопротивленій и быстроты, съ которою совершаются движенія, нельзя считать твердо установленнымъ. Можно только утверждать съ нѣкоторою вѣроятностью, что для каждой рабочей группы мышцъ существуетъ извѣстный optimum быстроты и величины дѣйствія, дающій наибольшій рабочий эффектъ, и пока оба фактора держатся ниже этого уровня, усталость нарастаетъ, съ увеличеніемъ работы, медленнѣе, чѣмъ величина послѣдней, за предѣломъ же optimum'a, наоборотъ, быстрѣе*).

Что же касается до вліянія отдыха на усталость, то для этого вопроса сдѣлано еще менѣе. Такъ, всякому, конечно, извѣстно, что отдыхать во время работы, съ цѣлью возстановленія силъ, можно на два лада: прерывая работу на короткіе сроки черезъ малые промежутки времени; или, наоборотъ, работать безъ перерыва часы, но зато и отдыхать продолжительное время. Было бы, какъ увидимъ ниже, очень важно знать, есть ли разница въ дѣйствіи обѣихъ этихъ формъ отдыха на усталость, или нѣтъ; т.-е. возстановляются ли силы одинаково, при данномъ количествѣ произведенной работы, суммою короткихъ отдыховъ или сплошнымъ отдыхомъ той же продолжительности. А между тѣмъ отвѣта на этотъ вопросъ нѣтъ. Рабочая практика показываетъ лишь слѣдующее: частые и короткіе отдыхи совершенно необходимы только при тяжелыхъ работахъ, т.-е. въ условіяхъ, лежащихъ за предѣлами optimum'a дѣйствія; тогда какъ вторая форма отдыха выгодна и для работы и для рабочаго при обратныхъ условіяхъ, потому что легкая работа можетъ длиться часы безъ чувствительнаго утомленія. На этомъ основаніи мы едва

*) Гаутонъ пытался опредѣлить опытно зависимость усталости отъ обѣихъ производящихъ ее факторовъ, величины и быстроты работы, и даже установилъ подъ именемъ закона усталости - соотвѣтственную формулу. По его опыты грѣшатъ въ слѣдующемъ отношеніи: наблюдая время наступленія усталости до полного изнеможенія на мышцахъ, находящихся въ состояніи непрерывнаго столбняка, т.-е. не производящихъ въ механическомъ смыслѣ никакой работы, онъ переноситъ, путемъ разсужденій, результаты на случаи динамической работы, забывая при этомъ, что во всякой такой работѣ рукъ или ногъ всякая данная мышца попеременно то сокращается, то отдыхаетъ и никогда не доходитъ до полного изнеможенія. Такъ, по его закону, если скорость ходьбы увеличивается вдвое, втрое и т. д., то величины проходимыхъ до полного изнеможенія путей уменьшаются въ той же пропорціи, а усталость наступаетъ въ 4, 9 и т. д. разъ скорѣе. За предѣломъ optimum'a походки даннаго человѣка это, можетъ быть, и близко къ истинѣ; но при ходьбѣ по сю сторону этого предѣла навѣрно несправедливо.

ли впадемъ въ ошибку, если примемъ, что для работъ, лежащихъ между этими крайностями, совершающихся съ привычной средней скоростью и безъ чувствительныхъ усилій со стороны человѣка, восстанавливающее дѣйствіе какъ короткихъ и частыхъ, такъ и сплошныхъ продолжительныхъ отдыховъ одинаково, лишь бы сумма первыхъ по времени была равна продолжительности вторыхъ.

Заручившись этимъ выводомъ, мы уже можемъ приступить къ разбору важнаго въ рабочей практикѣ вопроса: въ какомъ наибольшемъ отношеніи по продолжительности должны стоять другъ къ другу въ теченіе рабочаго дня время непрерывной работы и время отдыха для полнаго восстановленія силъ, чтобы утомленіе отъ работы даннаго дня не переходило на работу слѣдующаго?

Прежде всего нужно признать, что человѣку, помимо всякой работы, даже праздному, нуженъ среднимъ числомъ восьмичасовой сонъ, (ниже увидимъ для чего); слѣдовательно время работы и отдыха отъ нея не можетъ составлять болѣе 16 часовъ въ сутки. Съ другой стороны извѣстно, что во всѣхъ мускульныхъ работахъ съ періодическимъ повтореніемъ однихъ и тѣхъ же движеній (каковы, наприм., ходьба, пиленіе, вбиваніе свай, косьба и многія работы на фабрикахъ при непрерывно дѣйствующихъ машинахъ), всякая данная группа мышцъ одновременнаго дѣйствія то сокращается, то приходитъ въ покой. Значить, уже въ самой непрерывной работѣ существуютъ условія для отдыха мышцъ, и тѣмъ болѣе благоприятныя, чѣмъ длиннѣе для работающей мышцы фазы покоя сравнительно съ фазами сокращенія (продолжительность тѣхъ и другихъ можно, конечно, суммировать, если періоды правильны). Извѣстно, наконецъ, что привычный, такъ сказать, нормальный темпъ рабочихъ движеній не для всѣхъ мышцъ одинаковъ: наклоны туловища впередъ и назадъ требуютъ, конечно, больше времени, чѣмъ перемежающаяся дѣятельность сгибателей и разгибателей ноги при спокойной ходьбѣ; а темпъ перемежающихся ножныхъ и ручныхъ движеній, конечно, медленнѣе темпа движеній ручныхъ пальцевъ какой-нибудь кружевницы. Но это еще не значитъ, чтобы разницѣ темповъ соотвѣтствовала параллельная разниця въ длинѣ фазъ от-

дѣльныхъ сокращеній и отдыховъ,—отношеніе между послѣдними можетъ оставаться одинаковымъ для мышцъ, работающихъ съ очень различными привычными темпами. Возможно даже, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ она не измѣняется даже при ускореніи темпа противъ нормы. Въ отношеніи этихъ пунктовъ важно замѣтить лишь слѣдующее: наименѣе утомителенъ для всякой данной группы мышцъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, привычный для нея темпъ движеній.

На всѣхъ этихъ основаніяхъ, установленіе нормы для продолжительности дневной работы безъ утомленія возможно только для сравнительно легкихъ работъ, съ правильно-периодическими движеніями, совершающихся съ привычнымъ темпомъ, когда, кромѣ того, извѣстна сравнительная продолжительность отдѣльныхъ фазъ сокращеній и отдыховъ.

Соотвѣтственно этому, мы возьмемъ для сравненія четыре примѣра такихъ работъ: дѣятельность сердца и дыхательныхъ движеній, какъ работы, совершающіяся безъ утомленія, ходьбу и верченіе колеса, какъ работы съ утомленіемъ, и сравнимъ работу сердца съ ходьбой, а работу дыхательныхъ движеній—съ верченіемъ колеса.

У взрослого человѣка сердце бьется среднимъ числомъ 75 разъ въ минуту; слѣдовательно періодъ его равенъ 0,8"; въ теченіе этого времени сокращеніе желудочковъ длится 0,3", а покой—0,5"; значить, при непрерывной работѣ въ теченіе 16 часовъ (т.-е. въ теченіе рабочаго дня) время сплошной работы сердца (т.-е. сумма всѣхъ сокращеній) будетъ 6 часовъ и время отдыховъ—10 час.

Извѣстно, что привычный къ ходьбѣ человѣкъ двигается по ровной мѣстности, безъ груза, со скоростью 4 версты въ часъ и можетъ проходить ежедневно по 40 верстъ, но каждый разъ съ нѣкоторымъ утомленіемъ. Если принять длину свободнаго шага въ $\frac{3}{4}$ аршина, то на 4 версты придется 8000 шаговъ и на одинъ шагъ $\frac{3600}{6000}$ ", т.-е. менѣе 0,5". Въ ходьбѣ нѣтъ такого промежутка, когда не работали бы мышцы той или другой ноги; но въ каждой ногѣ въ отдѣльности сокращаются попеременно то сгибатели, то разгибатели ея и сокращеніе разгибателей длится долѣе; слѣдовательно для нихъ фаза работы длиннѣе фазы отдыха, т.-е. отношеніе между ними больше,

чѣмъ 1:1, и меньше, чѣмъ 2:1. Отсюда, по сравненію съ дѣятельностью сердца, утомленіе отъ 10-часовой ходьбы понятно, особенно если принять во вниманіе, что изъ всѣхъ мышцъ тѣла сердце находится въ наиболѣе благоприятныхъ условіяхъ для отдыха отъ работы, такъ какъ получаетъ наибольшее количество артеріальной крови (конечно, сравнительно съ массою мышечнаго вещества). Каковъ же долженъ быть послѣдующій за работою дополнительный отдыхъ ходака для полного возстановленія его силъ? Его можно высчитать на основаніи высказаннаго выше предположенія, что въ легкихъ работахъ (какова и ходьба безъ груза) сумма частыхъ и короткихъ отдыховъ во время самой работы равнозначна сплошному отдыху той же продолжительности послѣ работы. Для этого стоитъ только перевести отношеніе между продолжительностью сокращеній и отдыховъ при ходьбѣ на сердечную норму (3:5), какъ не дающую утомленіе. Такимъ образомъ, при равенствѣ въ ходьбѣ фазъ работы и отдыха, ко времени непрерывной 10-часовой ходьбы, состоящей изъ 5 час. сплошной работы и 5 часовъ отдыха, пришлось бы прибавить $\frac{25}{3}$ — 5 или $3\frac{1}{3}$ часа отдыха; а, при отношеніи 2:1, къ 10 часамъ ходьбы, изъ $6\frac{2}{3}$ ч. сплошной работы и $3\frac{1}{3}$ час. отдыха, пришлось бы прибавить $8\frac{1}{3}$ час. отдыха. Въ виду же того, что отношеніе это лежитъ между 1:1 и 2:1, величина дополнительнаго возстановляющаго отдыха будетъ около 6 часовъ. Другими словами, непрерывная 10-часовая ходьба съ утомленіемъ равнозначна 16-часовой ходьбѣ безъ утомленія. Значитъ, если бы человѣкъ ходилъ ежедневно по 40 верстъ, то вся его жизнь состояла бы изъ непрерывной работы (безъ утомленія) и сна—не хватало бы отдѣльнаго свободнаго промежутка времени даже на ѣду.

Но почему же время дополнительнаго отдыха не перенести на время 8-часового сна? Тогда у ходака оставалось бы 6 часовъ въ сутки свободнаго времени. Оттого, что днемъ человѣкъ даже совершенно праздный утомляется рядомъ бесполезныхъ работъ, неизбѣжно связанныхъ съ бодрствованіемъ, именно держаніемъ тѣла въ вертикальномъ и всякомъ иномъ положеніи, кромѣ лежащаго на спинѣ, и суммою чувственныхъ

впечатлѣній, особенно если они связаны съ извѣстной напряженностью вниманія. Сонъ есть время отдыха отъ суммы такихъ вліяній. Но они вѣдь дѣйствуютъ на человѣка и во время работы. Безъ держанія тѣла въ извѣстномъ положеніи и безъ извѣстной напряженности вниманія не обходится никакая мускульная работа; значитъ, съ этой стороны рабочій утомляется никакъ не менѣе празднаго человѣка и ему для отдыха нужно столько же сна, какъ послѣднему.

Для рабочихъ движеній съ болѣе медленнымъ темпомъ, чѣмъ ходьба, могутъ служить неутомляющимся образцомъ дыхательныя движенія. Въ виду ихъ большой измѣнчивости у разныхъ людей по глубинѣ и ритму, я приму, какъ крайній случай неутомляемости, 20 дыханій въ 1' съ отношеніемъ 1:2 для фазъ дѣятельности и отдыха (считая, что дыхательная пауза и время пассивнаго выдыханія длятся вдвое долѣе, чѣмъ мускульная работа вдыханія). Рядомъ съ этимъ поставлю случай верченія колеса привычнымъ къ этому дѣлу рабочимъ, но колеса такихъ размѣровъ, чтобы рабочій былъ вынужденъ вмѣстѣ съ движеніями рукъ періодически наклонять и выпрямлять туловище. При этомъ условіи онъ дѣлаетъ не болѣе 20—30 оборотовъ въ 1'; и если движеніе совершается по всему кругу съ одинаковой скоростью, то отношеніе между фазами дѣятельности и покоя для всѣхъ мышцъ одновременнаго дѣйствія будетъ 1:1. Примемъ сверхъ того, что колесо не отягощено, а идетъ съ легкостью, почти не требующею усилій со стороны рабочаго, такъ что можетъ быть приводимо въ движеніе то одною, то другою рукою. Можетъ ли продолжаться такая работа 10 час. въ сутки?

По темпу движеній она подходитъ болѣе къ работѣ дыхательныхъ, чѣмъ сердечныхъ движеній, притомъ же совершается, подобно первымъ, съ участіемъ туловищныхъ мышцъ; поэтому и со стороны условій неутомляемости эту работу сравнивать слѣдуетъ скорѣе съ дыхательными движеніями; тѣмъ болѣе, что въ верченіи колеса участвуютъ періодическія поднятія рукъ—едва ли не самыя утомительныя изъ всѣхъ ручныхъ движеній и требующія *eo ipso* болѣе продолжительныхъ отдыховъ.

Въ данномъ случаѣ сведеніе фазъ сокращеній и отдыховъ на дыхательную норму даетъ нѣсколько различные результаты,

смотря по тому, работает ли человекъ все время обѣими руками, или поочередно, но точно съ такимъ же усиленіемъ, то тою, то другою рукою. Въ первомъ случаѣ дополнительный отдыхъ къ 10 час. непрерывной работы составлялъ бы 5 часовъ, т.-е. работа безъ утомленія занимала бы почти все свободное отъ сна время; а во второмъ прибавка составляла бы всего 2,5 часа. Но, конечно, выставленное для этого условіе, «чтобы работа одной рукой не требовала большихъ усилій, чѣмъ работа обѣими», едва ли выполнимо на практикѣ; слѣдовательно прибавка въ 5 часовъ вѣроятнѣе.

Во всякомъ же случаѣ изъ этого примѣра ясно вытекаетъ, что наиболѣе утомительны должны быть вообще работы съ періодически повторяющимися однообразными движеніями; и наименѣе утомительны, а слѣдовательно и наиболѣе производительны такія работы, которыя допускаютъ въ теченіе дня продолжительныя смѣны работающихъ мышцъ.

Въ основу всѣхъ только что приведенныхъ соображеній и расчетовъ положена мысль о равнозначности въ дѣлѣ возстановленія силъ суммы короткихъ частыхъ отдыховъ и сплошнаго отдыха той же продолжительности—мысль, выставленная мною же, какъ болѣе или менѣе вѣроятное предположеніе, и только для сравнительно легкихъ работъ съ періодическимъ повтореніемъ движеній. Этимъ самымъ уже сказано, что всѣ только что изложенныя соображенія суть не что иное какъ гипотезы (пока основная мысль не провѣрена опытомъ) даже въ отношеніи легкихъ работъ, а къ тяжелымъ они совсѣмъ неприложимы.
